

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»

ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ФІЗИЧНОЇ ХІМІЇ

«На правах рукопису»

УДК 554.773.3

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Чигиринець О. Е.

\_\_\_\_\_ 20 \_ р.

**Магістерська дисертація**

зі спеціальності (спеціалізації) 161 «Хімічні технології та інженерія» (Хімічні технології косметичних засобів та харчових добавок)

на тему: «Отримання стійких емульсій типу «масло-вода» на основі екстрактів розторопші»

Виконав студент 2 курсу, групи ХД-81мп

Любарець-Ремезовський Тарас Юрійович \_\_\_\_\_

Науковий керівник

ст. наук. спів., д.т.н. Прокопенко Віталій Анатолійович \_\_\_\_\_

Консультант

доц., к.е.н. Тюленєва Юлія Валеріївна \_\_\_\_\_

Рецензент

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень

з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ — 2019 року

завдання (с. 1)

завдання (с. 2)

календарний план

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 83 стор., 12 рисунків, 35 таблиць, 21 літературне посилання.

У магістерській дисертації було досліджено стійкість емульсій, отриманих методами струшування, перемішування та ультразвукової диспергації.

Досліджений вплив стабілізаторів, емульгаторів, поверхнево-активних речовин на стійкість емульсій. Встановлена ефективність використання стабілізаторів для підвищення стійкості емульсій, зокрема полівінілового спирту та полівінілпіролідону. На основі досліджень наведено оптимальний склад емульсії типу «олія у воді» на основі екстракту розторопші та обрано оптимальний метод для використання у промисловості. Найкращий метод отримання емульсії — метод перемішування, оптимальний стабілізатор — полівініловий спирт.

**Ключові слова:** емульсія, стабілізатор, екстракт розторопші.

## ABSTRACT

Master's thesis: 83 pages., 12 figures, 35 tables, 21 references.

Emulsion stability obtained by methods of shaking, mixing and ultrasonic dispersion were investigated in the master's thesis.

Thesis contains investigations of stabilizers, emulsifiers and surfactants influence on the stability of emulsions. The effectiveness of using stabilizers, in particular polyvinyl alcohol and polyvinylpyrrolidone for emulsions stability improvement were established. Optimal composition of the oil-in-water emulsion based on milk thistle extract is provided and the optimal method for industry usage is selected based on the research. The best method for emulsion obtaining is mixing method, and the most effective stabilizer is polyvinyl alcohol.

**Key words:** emulsion, stabilizer, milk thistle extract.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	9
ВСТУП .....	10
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ .....	11
1.1 Визначення поняття емульсія .....	11
1.2 Стійкість емульсій.....	12
1.2.1 Вплив температури на стійкість емульсій.....	12
1.3 Методи отримання емульсій.....	13
1.3.1 Конденсаційний метод.....	13
1.3.2 Метод заміни розчинника .....	15
1.3.3 Метод гідролізу .....	15
1.3.4 Методи хімічної конденсації .....	16
1.3.5 Дисперсійні методи.....	16
1.3.6 Метод струшування .....	18
1.3.7 Метод змішування.....	20
1.4 Моделі емульгування.....	21
1.5 Види гідродинамічної нестабільності .....	24
1.6 Розпад потоку .....	25
1.7 Диспергування крапель .....	26
1.8 Емульгування звуком та ультразвуком.....	29
1.8.1 Генератори звукових і ультразвукових хвиль.....	29
1.9 Емульгатори.....	30
1.9.1 Вибір емульгатора.....	30
1.9.2 Способи введення емульгатора .....	33

1.9.3 Спосіб введення другої фази.....	34
1.10 Класифікація ПАР .....	34
1.11 Колоїдна структура рослинних олій .....	36
1.12 Властивості та хімічний склад олії розторопші .....	37
Висновки до Розділу 1 .....	39
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	40
2.1 Підготовка дисперсної фази емульсії.....	40
2.2 Підготовка стабілізаторів емульсії.....	40
2.3 Приготування робочих емульсій .....	41
2.4 Дослідження стійкості емульсій.....	41
2.5 Підбір світлофільтру для фотоколориметра .....	42
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	44
3.1 Методи отримання емульсій .....	44
3.2 Оптимальне співвідношення компонентів емульсії .....	49
3.3 Підбір стабілізатора для емульсії .....	50
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ .....	54
Висновки до Розділу 4 .....	80
ВИСНОВКИ.....	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	82



## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ**

ПАР — поверхнево-активні речовини

ПЕШ — подвійний електричний шар

В/О — емульсія типу вода в олії

О/В — емульсія типу олія у воді

ГЛБ — гідрофільно-ліпофільний баланс

ПВС — полівініловий спирт

ПВП — полівінілпіролідон

ПЕГ — поліетиленгліколь

ФОП — фізична особа-підприємець

## ВСТУП

Емульсії на основі екстрактів лікарських рослин широко використовуються у косметичній промисловості. Техніка емульгування стрімко розвивається. Не зважаючи на це, приготування емульсій залишається емпіричною областю досліджень.

Основи знань, що стосуються емульсій, зазвичай побудовані на ідеалізованих моделях або простих системах. Щоб застосувати ці теоретичні знання на виробництві, доведеться врахувати низку різноманітних параметрів, а отже ймовірність успішного отримання емульсії буде невисокою. Таким чином, технології отримання емульсій є не до кінця дослідженими.

**Мета та задачі дослідження:** розробка технології отримання стійких емульсій типу «олія-вода», зокрема на основі екстракту розторопші.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- розглянути відомі методи отримання емульсій;
- вивчити стійкість емульсій, які були отримані різними методами;
- дослідити речовини, що впливають на стійкість емульсій, зокрема ПАР та стабілізатори;
- розробити метод отримання стійкої емульсії типу «олія-вода» на основі лікарських олій, зокрема екстракту розторопші, в тому числі підібрати оптимальні стабілізатори емульсії.

**Об'єктом дослідження** є емульсії типу «олія-вода».

**Наукова новизна** полягає у розробці методу отримання стійких емульсій та вдосконаленні вже існуючих.

**Практичним значенням** отриманих результатів є розробка технології отримання емульсій типу «олія-вода», яка може бути використана на хімічних підприємствах для виготовлення чи створення косметичних засобів.

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1 Визначення поняття емульсія

Емульсіями називають дисперсні системи, що складаються з рідкої дисперсної фази і рідкого дисперсійного середовища.

Такі системи можуть довго існувати і бути гетерогенними лише тоді, коли рідини нерозчинні або обмежено розчинні одна в одній. Радіус частинок дисперсної фази в емульсіях становить  $10^{-7} - 10^{-5}$  м. Особливістю неконцентрованих емульсій є сферична форма частинок (краплин), величина яких значно більша, ніж у колоїдних розчинах. Емульсії належать до мікрогетерогенних або до грубодисперсних систем, і розмір їх крапель у тисячі і більше разів перевищує розміри молекул ПАР.

Емульсії широко розповсюджені в природі (молоко, вершки, сметана, яєчний жовток, соуси тощо), їх також готують штучним шляхом (мастила, маргарин, косметичні креми та інше).

У природі найпоширеніші водні емульсії: роль дисперсійного середовища відіграє вода, а роль дисперсної фази — неполярні рідини (жири, мінеральні олії, толуол тощо) [1, 2] .

Вода і олія можуть утворювати емульсії двох типів. Перший тип: вода — дисперсійне середовище, а олія — дисперсна фаза, роздрібнена у воді у вигляді окремих крапельок. Такі емульсії називаються емульсіями олії у воді, або емульсіями першого типу (прямими). Другий тип вода — дисперсна фаза, що міститься у вигляді окремих крапельок в олії. Такі емульсії називають емульсіями води в олії, або емульсіями другого типу (зворотними). Тип утвореної емульсії залежить від співвідношення обсягів рідких фаз, умов емульгування і від інших факторів, проте головну роль грає природа емульгатора. [3]

## 1.2 Стійкість емульсій

Питанню стійкості емульсій присвячено багато досліджень. Седиментаційна стійкість емульсій залежить від густини фаз емульсії. Оскільки співвідношення густини дисперсної фази і дисперсійного середовища може бути більшим чи меншим 1, спостерігають осідання (седиментація) краплинок емульсії в дисперсному середовищі, і їх спливання.

Емульсії седиментаційно та агрегативно нестійкі, оскільки величина частинок і їх маса значно більша, ніж у колоїдних розчинах. [4]

### 1.2.1 Вплив температури на стійкість емульсій

Зміни, що відбуваються в емульсіях при підвищених температурах, досліджені недостатньо. Витримка емульсій при температурі вище нормальної часто використовується для пришвидшення процесу старіння і визначення стійкості емульсії. Льюїс і Дроммонд (1953) показали, що інтервал температур 30-40° С є оптимальним для розбавлення емульсій О/В, виготовлених з використанням емульгаторів: поліетиленгліколь-40-моностеарат, камедь акації, лаурилсульфат натрію, полісорбітан-80.

В емульсіях, що містять емульгований твердий жир, не спостерігається певного характеру стійкості в межах температур 5-40° С (Вуд і Катакалос, 1963) при витримванні протягом 100 днів. При вищих температурах жирова фаза розплавляється, змінюється розчинність компонентів у ній і може відбутися інверсія фаз.

Емульсії В/О, стабілізовані стеаратом натрію, перетворюються у емульсії О/В, якщо нагрівання супроводжується легким струшуванням (Вельман і Тартар, 1930). При короткочасній витримці на холоді відбувається відновлення початкових емульсій. Факторами, які впливають на температуру фазової інверсії, є хімічні складові олійної фази, і меншою мірою довжина гідрофільного ланцюга емульгатора (Шинода і Араї, 1964).

Температура інверсії фаз залежить від природи олійної фази. Чим краще емульгатор розчиняється у олійній фазі, тим нижчою буде температура інверсії фаз. Цей висновок підтверджує значення розчинності емульгатора у неперервній фазі для стійкості емульсії за високих температур [1].

### **1.3 Методи отримання емульсій**

#### **1.3.1 Конденсаційний метод**

Більшість конденсаційних методів для утворення колоїдних розчинів засновано на різних хімічних реакціях: окислення, відновлення, змінне розкладання, гідроліз та ін. В результаті цих реакцій молекулярні або іонні розчини переходять в колоїдні шляхом переводу розчинених речовин у нерозчинений стан. В основі методів конденсації, крім хімічних процесів, можуть лежати і фізичні, головним чином явище конденсації пари. Розрізняють методи фізичної та хімічної конденсації. До фізичних методів конденсації відносяться методи отримання колоїдних розчинів, які засновані на зміні фізичних умов існування систем (температура, дисперсійне середовище, рН та ін.), метод охолодження істинного розчину; метод заміни розчинника; метод конденсації пари. До методів хімічної конденсації відносяться: метод окислення; метод відновлення; метод гідролізу та метод подвійного обміну [1] .

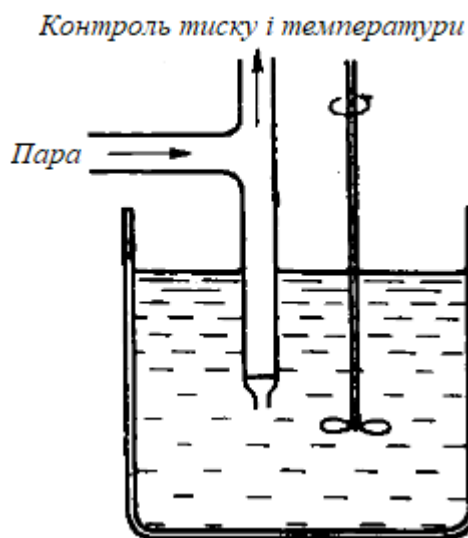


Рисунок 1.1 — Принципова схема конденсаційного методу

Для пересиченої пари будь-якої речовини характерне осадження крапель в центрах конденсації, які можуть бути в системі. Такі центри можуть бути природними (наприклад часточки пилу або йони) або штучними (введені ззовні частинки). При відсутності сторонніх часток центри конденсації можуть утворюватися самочинно (при відносно високому перенасиченні) за рахунок об'єднання молекул в дуже маленькі краплі близько  $10^{-6}$  см діаметром. Пересичена пара конденсується в цих центрах, внаслідок чого краплі збільшуються в розмірах.

Під час приготування емульсій пара однієї речовини (дисперсної фази) інжектуюється під поверхню іншої, що утворює зовнішню фазу (дисперсійне середовище). В таких умовах пара стає пересиченою і конденсується у вигляді крапель розміром близько 1 мкм. Ці краплі стабілізуються в рідині, що містить відповідний емульгатор. Рідина, яка повинна бути диспергована, нагрівається в окремій посудині. Для контролю нагріву температуру і тиск пари підтримують постійними при певних значеннях. На розмір утворених крапель значним чином впливають тиск пари, що вводиться, діаметр випускного сопла і емульгатор. Щоб створити незмінні умови, протягом всього періоду нагрівання під соплом тримають будь-яку рідину, що виконує допоміжну функцію. Коли температура і тиск досягнуть необхідних значень,

ємність, що містить допоміжну речовину, швидко заміняють ємністю з рідиною, яка має бути дисперсійним середовищем в емульсії, що готується. Рідину витримують при сталій температурі, обережно перемішують, щоб забезпечити рівномірність розподілу центрів краплеутворення. Навіть при незначних концентраціях емульсії цим методом легко отримують краплі з розміром до 20 мкм [1].

### 1.3.2 Метод заміни розчинника

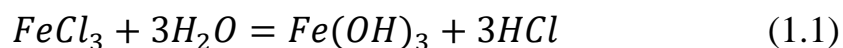
Цей метод належить до методів фізичної конденсації. При заміні розчинника речовина, яка раніше знаходилася в розчиненому стані, виділяється з розчину у вигляді високодисперсної фази, яка є нерозчинною у даному розчиннику. Якщо до істинного розчину додати великий об'єм рідини, яка є слабким розчинником розчиненої речовини, але може необмежено змішуватися з вихідним розчинником, утворюється перенасичений розчин розчиненої речовини з величиною часток колоїдної дисперсності [1].

За допомогою даного методу можна приготувати золі сірки, каніфолі, мастики на іт. при вливанні спиртових розчинів цих речовин у воду. [5, 6]

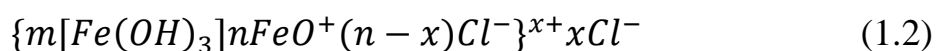
### 1.3.3 Метод гідролізу

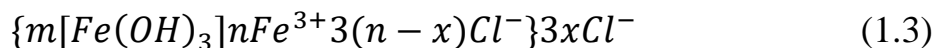
Цим методом користуються при утворенні золів різних металів із їх солей, якщо у результаті гідролізу утворюється погано розчинний гідроксид. При цьому утворення золю відбувається у декілька стадій. Цим методом отримують солі гідроксидів заліза, хрому, алюмінію, міді, свинцю та ін [1].

Золь гідроксиду заліза отримують за реакцією:



Ступінь гідролізу зростає зі збільшенням температури і зі збільшенням ступеня розведення. Можливі наступні схеми будови міцел золю [6,7]:





#### 1.3.4 Методи хімічної конденсації

Засновані на переході від справжніх розчинів до колоїдних систем шляхом перетворення часточок дисперсної фази у нерозчинний або мало розчинний стан при допомозі хімічних реакцій (окислення, відновлення, гідролізу, подвійного обміну і т.д.) з наступною агрегацією і рекристалізацією нерозчинених часточок. Стабілізатором є речовини, які знаходяться у дисперсійному середовищі [1].

Під час пропускання парів простої речовини в рідину в результаті конденсації можуть утворюватися стійкі золі. Сюди належать електричні методи отримання дисперсій металів, які розпилюють під водою або в органічних речовинах у вольтовій дузі (метод Бредіга) і у іскровому високочастотному розряді (метод Сведберга). Стабілізаторами для утворених при конденсації парів дисперсій слугують оксиди цих самих металів, які є побічними продуктами процесу розпилення. Оксиди адсорбуються на частках металу і утворюють захисний шар.

У природі при конденсації парів утворюються туман і хмари [6].

#### 1.3.5 Дисперсійні методи

Емульсію легко приготувати, застосовуючи зовнішню силу. Зазвичай апаратура для приготування емульсій цими методами характеризується широким інтервалом потужності – від малих лабораторних до великих промислових установок [1].

Штучне механічне диспергування відбувається за допомогою різноманітних способів подрібнення. Такий процес включає в себе грубе, середнє і мілке подрібнення. В основу дії машин-подрібнювачів закладені принципи роздавлювання, розколювання, розтирання, удару та ін. Властивість матеріалу протистояти руйнуванню називають міцністю. В процесі подрібнення тверде тіло зазнає деформацій – пружних та



пластичних. Пружні (зворотні) деформації після зникають після зникнення навантаження. При пластичні (незворотних) деформаціях припинення зовнішньої дії не призводить до відновлення форми і розмірів твердого тіла. Міцність тіла порушується, форма тіла змінюється.

Згідно уявлень Ребіндера, на подрібнення матеріалу витрачається енергія, що дорівнює сумі роботи деформації твердого тіла і роботи, що витрачається на утворення нових поверхонь:

$$W = W_{\text{деф.}} + W_{\text{п}} = kV + \sigma\Delta S, \quad (1.4)$$

де  $W$  – повна робота подрібнення,  $k$  – коефіцієнт пропорційності, що дорівнює роботі деформування одиниці об'єму подрібнюваного тіла,  $V$  – об'єм тіла,  $\sigma$  – поверхневий натяг,  $\Delta S$  – нова поверхня, що утворюється при руйнуванні тіла.

З формули (1.4) слідує, що робота подрібнення збільшується пропорційно об'єму подрібнюваного матеріалу та величині нової поверхні, що утворюється. Це означає, що зі зменшенням кінцевого розміру часток витрати енергії різко зростають. Для зменшення витрат енергії на подрібнення і досягнення більш високого ступеня дисперсності матеріалу в процесах подрібнення використовують ефект Ребіндера – зниження твердості за рахунок додавання сторонніх речовин, які називаються знижувачами твердості. В якості знижувачів твердості можуть виступати електроліти – солі та луги [ $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ], ПАР (лужні розчини мила, сульфолігнінові і сульфонафтеніві кислоти, дубильні екстракти).

Явище зниження твердості використовується на практиці, наприклад при розтиранні в ступі твердих речовин (сірки, оксиду заліза, сульфідів металів) в присутності деяких індиферентних сполук: цукру, сечовини та ін. Роботами Ребіндера був розкритий механізм цього явища, який полягає у тому, що речовини, які додаються, адсорбуються в місцях дефектів кристалічної ґратки твердих тіл, наприклад в мікротріщинах. Адсорбція

речовин-добавок, з одного боку, знижує поверхневу енергію, чим полегшує диспергування, з іншого боку, призводить до виникнення сил взаємного електростатичного відштовхування адсорбційних шарів, що розташовані на протилежних стінках мікротріщин. В результаті чого виникає розклинюючий ефект, який підсилює руйнівну дію (рис 1.2) [6].

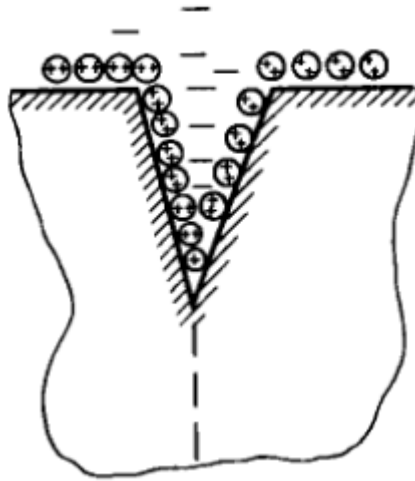


Рисунок 1.2 – Схема розклинюючого ефекту адсорбційного шару багатозарядних йонів (зниження міцності твердого матеріалу).

### 1.3.6 Метод струшування

Утворення емульсії легко продемонструвати, якщо пробірку, в яку налиті дві рідини, енергійно струшувати. Встановлено, що струшування ривками з постійним інтервалом між точками значно ефективніше, ніж неперервне. Інтервал в 10 секунд є достатнім для отримання емульсій, подальше збільшення інтервалу не є ефективним (рис. 1.3).

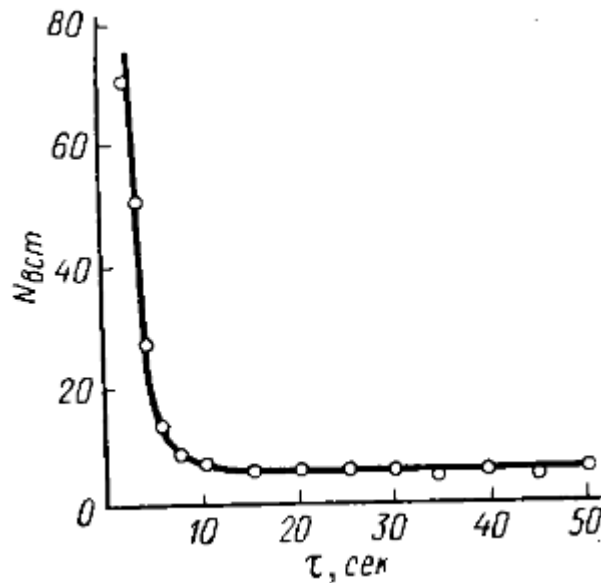


Рисунок 1.3 – Ефективність струшування ривками

Метод струшування не використовується для отримання емульсій у великих масштабах, проте він достатньо простий для теоретичних аналізів.

Плоска поверхня між двома рідинами стає хвилястою і деформується при кожному поштовху. Ця хвиляста поверхня зростає, перетворюючись у пальцевидні відростки, які згодом руйнуються на малі краплі. Даний процес здійснюється в межах 5 секунд, що впливає на усі параметри, пов'язані зі струшуванням. Якщо збільшувати період між двома струшуваннями, можна пришвидшити завершення цього процесу. В інакшому випадку утворення крапель буде неповним. Цим пояснюється ефективність ривкового струшування.

ПАР дуже швидко адсорбуються на поверхні щойно утворених крапель емульсії, чим зумовлюють їх стабілізацію. Якщо виконувати перемішування до того, як краплі будуть стабілізовані, в результаті взаємних зіткнень вони будуть коалесцювати, і кількість емульсії, що утвориться буде меншою. Проте при великих швидкостях перемішування краплі стабілізуються за час близько 0,01 с (час зіткнення між краплями), що, здавалося б, протирічить даним про десятисекундну стабілізацію.

При ручному струшуванні краплі мають форму кулі і розмір 50-100 мкм. Для отримання крапель менших розмірів застосовують більш енергійне перемішування. Краплі певних розмірів утворюються, якщо проводити перемішування зі строго фіксованою швидкістю. Таким чином можна отримати і великі краплі. Проте якщо сусідні частинки рідини рухаються з різними швидкостями або мають великий градієнт швидкостей, ці великі краплі будуть розпадатися на менші. Змішувачі, колоїдні млини і гомогенізатори призначені для досягнення цих цілей.

### 1.3.7 Метод змішування

Змішування рідин – добре відома операція в хімічній технології. Промисловість випускає змішувачі різноманітних розмірів – від малих, з робочим об'ємом до 1 л, до великих, ємністю до кількох кубічних метрів. Принцип утворення сумішей можна пояснити за допомогою рис. 1.4.

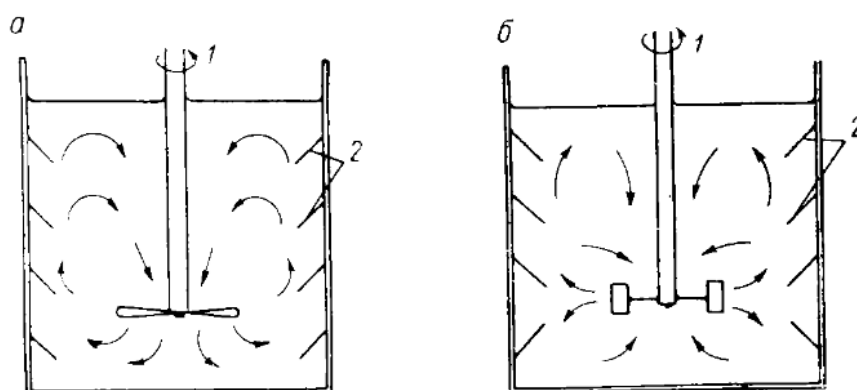


Рисунок 1.4 – Схема руху рідини в ємності з відбійними перегородками:

*а – з пропелерною мішалкою; б – з турбінною мішалкою; 1 – мішалка; 2 – відбійні перегородки*

Частинки рідини беруть участь у коловому русі по горизонталі і незначною мірою у вертикальному переміщенні. Рівномірний розподіл частинок за об'ємом ємності виходить лише тоді, коли наявні бокові вертикальні течії.

Рівномірного перемішування можна досягнути, встановивши поблизу стінок вертикальні відбійні перегородки, які відхиляють рідину вгору. При використанні мішалки пропелерного типу частинки рідини отримують імпульси у горизонтальному і вертикальному напрямках (рис. 1.4, а), що сприяє перемішуванню. Перемішування є ефективним, коли течія стає турбулентною по всьому об'єму апарату. Застосування турбінної мішалки дозволяє значно збільшити швидкість колового руху. Відцентрові сили розкидають частки рідини по всьому об'єму змішувача, чим досягається велика ефективність перемішування.

#### **1.4 Моделі емульгування**

Процес емульгування зручно розглядати з точки зору гідродинамічної нестабільності. При вільному потоці суміш двох рідин намагається залишитись у вигляді двох окремих термодинамічно стійких фаз. Питання стійкості руху рідин і емульсії описані в монографіях Ліна (1955) і Чандрасекхара (1961) [1].

Принцип, що покладений в основу вивчення стійкості полягає у накладанні на початково заданий потік невеликого за величиною опору. Визначається зміна амплітуди опору з часом. Якщо опір затухає – система повертається до початкового стану – стійкої течії. Якщо амплітуда зростає, це характерно для нестійкого потоку, коли початковий потік розбивається на кілька окремих потоків.

Рідина описується рівнянням нерозривності

$$\Delta v = 0 \quad (1.5)$$

та рівняння руху Нав'є-Стокса

$$\frac{\partial v}{\partial \tau} + (v \nabla) v = F - \frac{1}{\rho} \nabla P + \frac{\eta}{\rho} \nabla^2 v \quad (1.6)$$

де  $v$  – швидкість;  $F$  – зовнішня сила.

Якщо коефіцієнт в'язкості  $\eta$  рівний нулю, рівняння (1.2) зводиться до рівняння Ейлера. До цього рівняння задаються граничні умови. Для в'язких рідин тангенційні і нормальні складові швидкості мають бути напрямлені через зовнішню поверхню. Для нев'язких рідин лишається лише одна нормальна складова швидкості, оскільки рідини можуть ковзати одна відносно одної. Окрім того, тангенційна складова напруження (у в'язких рідинах) повинна бути напрямлена через границі. Тиск на обидві сторони зовнішньої поверхні відповідає рівнянню Лапласа

$$P_2 - P_1 = \sigma \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \quad (1.7)$$

де  $r_1$  і  $r_2$  — радіуси кривизни границь поверхні.

Нехай задана початкова швидкість рідини  $\overline{v}_0$ , яка задовольняє усі необхідні рівняння. Щоб визначити, буде потік стійким (а отже чи може потік існувати нескінченно довго) чи нестійким (ривкоподібно буде переходити до іншого, стабільного потоку), необхідно задати швидкість малого опору  $v_0$ . Тоді швидкість потоку становитиме  $v_0 + v$ . Оскільки нова швидкість повинна задовольняти усі необхідні рівняння, для  $v$  обирають групу рівнянь:

$$\nabla \overline{v}_0 = 0; \nabla (\overline{v}_0 + v) = 0; \nabla v = 0$$

Рівняння Нав'є-Стокса і Ейлера нелінійні через член  $v$ , а оскільки рівняння для  $v$  виводиться з них, це ускладнює пошук рішення. Проте,

розглядаючи фізичну сутність явища, можна у вищевказаних рівняннях знехтувати певними членами або величинами другого порядку і отримати наближене лінійне рівняння для  $v$ . Також можна отримати залежність  $v$  від часу.

Нехай  $\nu$  – дійсне число, що дорівнює  $\omega$ . Отже малий опір  $\nu$  накладається на коливання швидкості потоку  $v_0$  у вигляді певної функції з періодом  $2\pi/\omega$ . Ці коливання будуть затухати внаслідок внутрішнього тертя системи. Початковий потік рідини, навіть якщо він виведений зі стану рівноваги, повертається у початковий стан. Це відбувається при стабільному потоці.

В якості прикладу розглянемо плоску поверхню між двома рідинами, які зазнають впливу малого опору. Якщо система стабільна, на поверхні виникають хвилі. Якщо система нестабільна, амплітуда опору зростає, і через деякий час поверхня набуватиме рис, що нагадують схрещені пальці, — так шари рідини проникають один в одного. Ця поверхня вже не має нічого спільного з початковою плоскою.

Остання стадія нестабільності, а саме проникнення шарів рідини один в одного, не враховується рівняннями, наведеними вище. З вищенаведених рівнянь можна отримати лише лінійні наближені рішення, що засновані на припущенні малого значення  $v_0$  у порівнянні з  $\nu$ . Це дійсно так, проте лише на початку нестабільного потоку. З часом амплітуда опору стає дедалі більшою, лінійне наближення не є прийнятним в такому випадку, така задача викликає значні математичні ускладнення, і для розчинів зазвичай не вирішується. Найкраще, що можна зробити – вирішити рівняння у лінійному наближенні. У більшості випадків обмежуються описом природи нестабільності рідини [1].

### 1.5 Види гідродинамічної нестабільності

Деякі види нестабільності є детально вивченими. Багато видів нестабільності зустрічаються в різноманітних процесах, деякі з них – лише при емульгуванні.

Перехід від ламінарного потоку до турбулентного – один з видів нестабільності, що розглядається. Він широко відомий і має важливе практичне значення. Експерименти показують: коли число Рейнольдса досягає критичного значення порядку 1000, потік паралельних струменів (ламінарний) стає нестабільним (турбулентним); сили внутрішнього тертя поступаються місцем інерційним силам. Цей вид нестабільності (нестабільність Толміна-Шліхтінга) може зустрічатися в газах і рідинах, в гомогенних і гетерогенних системах.

Інший вид нестабільності – Кельвіна-Гельмгольца спостерігається, коли дві рідини рухаються з різними тангенційними швидкостями відносно поверхні поділу. Кінетична енергія руху обумовлює деяке хвилеподібне збудження поверхні, що зростає за амплітудою, і це призводить до зміщення рідин. Розрив поверхні поділу відбувається в цьому випадку навіть при найменших швидкостях зсуву, коли потік є ламінарним. З мірою зростання нестабільності внутрішнє тертя і поверхневий натяг зменшуються.

Згідно з нестабільністю Релея-Тейлера, поверхня між двома рідинами буде нестабільною, якщо вона отримує прискорення від більш легкої рідини до більш важкої, і стабільною, якщо прискорення напрямлене протилежним чином. В якості прикладу можна розглянути склянку з водою, яка стоїть на столі. Вода зазнає прискорення, що дорівнює гравітаційному, проте направленому вгору, з води у повітря. Таким чином, поверхня поділу цих двох фаз стабільна. Якщо склянку перевернути, рідина не буде падати як єдине ціле; спочатку поверхня буде видовжуватися, набуваючи пальцеподібної форми, далі вода буде витікати по аналогії з падінням краплі з плоскої пластини (Гопал, 1959).



Нестабільність Бернарда виникає внаслідок флуктуації густини. Вона може виникнути і в гомогенних системах. Флуктуація густини полягає у тому, що під впливом певних причин (градієнт температури, концентрації) важчі шари опиняються над легшими. Тоді під дією гравітаційних сил почнеться перерозподіл шарів рідини, чому будуть протистояти сили внутрішнього тертя.

### **1.6 Розпад потоку**

Розпад потоку рідини на краплі – це явище, яке спостерігається під час гомогенізації і на останніх стадіях розриву плоских поверхонь. Це питання вперше вивчав Релей (1878, 1892). Він показав, що струмінь, що витікає з плоского циліндричного отвору, може стати нестабільним з двох причин. По-перше, в результаті поперечної деформації розширення, коли синусоподібні хвилі збудження спрямовані вздовж радіусу циліндра (рис. 1.5, а). Вісь струменя залишається прямою, проте струмінь змінює форму, утворюються звуження вздовж вісі. Коли довжина хвилі збудження перевищить розміри циліндру, струмінь стане нестійким. По-друге, через синусоїдальні деформації (рис. 1.5, б). Вісь струменя стає синусоїдальною, проте переріз залишається незмінним по всій довжині струменя.

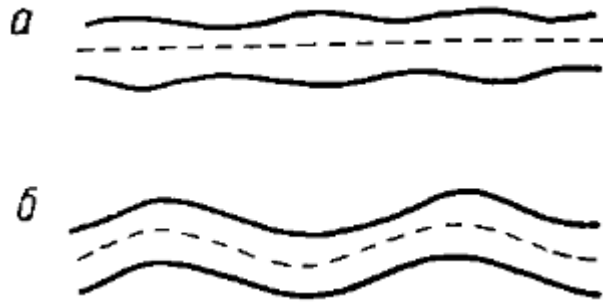


Рисунок 1.5 – Нестабільна деформація струменя

$a$  – вісь струменя – пряма лінія, радіус змінюється синусоїдально;  $b$  – вісь струменя – синусоїдальна, радіус не змінюється.

Проблема розпаду струменю має велике прикладне значення, зібрана значна кількість матеріалу і експериментальних даних, які дозволяють зв'язати певні параметри процесу. До таких параметрів належать в'язкість, густина і поверхневий натяг обох рідин, також швидкість і діаметр струменя. З теоретичного аналізу слідує, що розрив поверхні рідини відбувається, головним чином, при великих швидкостях і турбулентному режимі потоку.

При великих швидкостях краплі подрібнюються до дуже малих розмірів. Ці явища вивчені багатьма дослідниками, і встановлені різні кількісні співвідношення, що пов'язують перераховані вище параметри з розмірами крапель, ступенем подрібнення і т. п.

### 1.7 Диспергування крапель

Розпад великих крапель рідини на малі відбувається на останніх стадіях емульгування. Очевидно, якщо рідка сфера повинна бути деформована і зруйнована, до неї необхідно прикласти велику силу. Розмір зусиль обумовлений динамічним або в'язкісним опором. Не зважаючи на те, що краплі можуть бути роздріблені різноманітними способами, літературні джерела описують лише основні типи деформації сферичних крапель. Види потоків, що виникають під час цього, широко відомі.

Початкові стадії трьох основних типів деформації крапель показані на рис. 1.6.

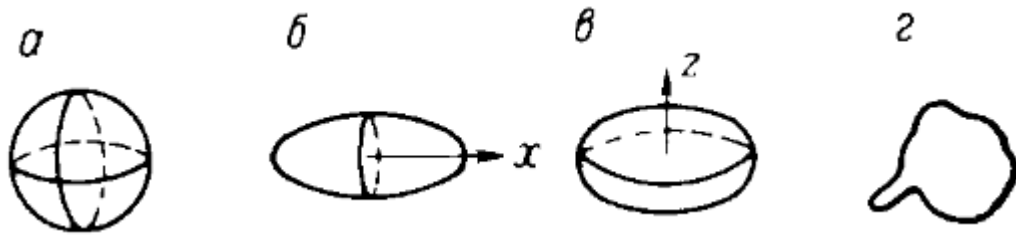


Рисунок 1.6 – Типи деформації рідких сфер:

$a$  – початкова сфера;  $b$  – витягнутий сфероїд, розтягнення вздовж вісі  $X$ ;  $v$  – сплющений сфероїд, стиснення вздовж вісі  $Z$ ;  $z$  – деформація довільної форми.

Сферична крапля (рис. 1.6,  $a$ ) може бути розтягнутою у вигляді продовгуватого сфероїду (рис. 1.6,  $b$ ), причому сфера досягається за рахунок обертання еліпсу навколо головної вісі. Краплі витягується і далі, утворюючи ниткоподібний циліндр, який розривається на окремі краплі. Другий тип деформації краплі – розплющення до сфероїду (рис 1.6,  $v$ ); сфера досягається за рахунок обертання еліпса навколо малої осі. По мірі дії сил розплющення крапля перетворюється у вузьку смугу рідини і руйнується на менші краплини. Третій тип деформації – абсолютно невизначена форма краплі (рис. 1.6,  $z$ ). В окремих ділянках, де мають місце впадини і випуклості, з даної краплі можуть відділятися нові краплі меншого розміру.

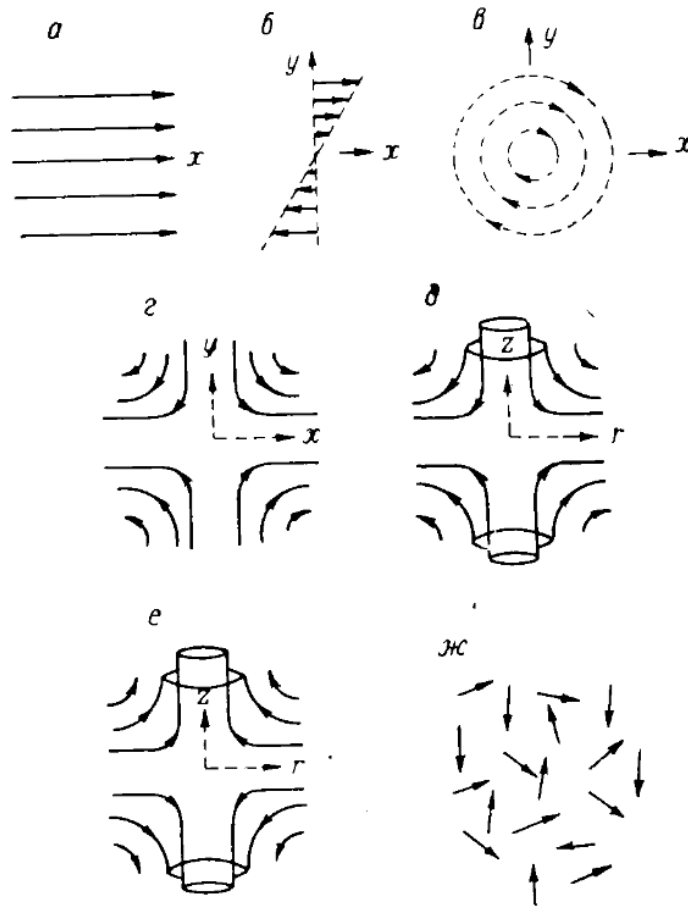


Рисунок 1.7 – Схематичне зображення потоків, які деформують рідку фазу:

*a* – потік паралельними шарами ( $v_x = \text{const}$ ); *б* – потік Куєтта ( $v_x = By$ ); *в* – обертання рідини ( $v_x = \omega y$ ;  $v_y = -\omega x$ ); *г* – плоский гіперболічний потік ( $v_x = Gx/2$ ;  $v_y = -Gy/2$ ); *д* – асиметричний гіперболічний потік, спрямований проти вісі ( $v_r = G_1 r/2$ ;  $v_z = -G_1 z/2$ ); *е* – асиметричний гіперболічний потік, спрямований вздовж вісі ( $v_r = -G_2 r/2$ ;  $v_z = G_2 z/2$ ); *ж* – потік довільної форми.

На рис. 1.7 наведені можливі схеми руху рідин навколо краплі для кожного з розглянутих типів деформацій. Для першого випадку – деформації краплі вздовж вісі  $x$  – виникає потік зсуву Куєтта (рис. 1.7, б), плоский гіперболічний (рис. 1.7, г) або асиметричний гіперболічний (рис. 1.7, е) за напрямком вісі обертання. Для другого випадку – деформації краплі вздовж вісі  $z$  – характерні потоки паралельними шарами (рис. 1.7, а), вихрові (рис. 1.7, в) або асиметричні гіперболічні (рис. 1.7, д) в напрямку, протилежному

вісі обертання. В третьому випадку – деформації довільної форми – виникає турбулентний потік (рис. 1.7, *жс*), де вектори швидкості в будь-якій точці простору змінюються довільно як за величиною, так і за напрямком. Сили, що викликають деформацію крапель, можуть виникати від сил або динамічного, або опору в'язкості. Зазвичай лише один з видів опору є характерно вираженим. Величина деформації краплі і здатність її до розриву залежить не тільки від форми потоку, а й від фізичних властивостей обох фаз – густини, в'язкості, поверхневого натягу.

## **1.8 Емульгування звуком та ультразвуком**

Вперше утворення емульсій при інтенсивному ультразвуковому впливі спостерігали Вуд і Луміс (1927), які працювали з кварцовим генератором великої потужності частотою 200 кгц. З розвитком ультразвукової техніки були відкриті нові явища, що призвело до цілого ряду досліджень в цьому напрямку.

### **1.8.1 Генератори звукових і ультразвукових хвиль**

Ультразвуковий діапазон частот лежить поза межами слуху людини ( $> 15$  кгц) і розповсюджується до  $10^9$  гц. Для емульгування та інших технологічних цілей має застосовуватись ультразвук великої потужності, що можливо лише на частотах до 5 Мгц. Збудження звукових хвиль в рідинах досягається за рахунок перетворення електричної енергії у височастотні механічні коливання. Джерела таких коливань (трансдуцери) бувають чотирьох типів: п'єзоелектричні, магнітострикційні, електромагнітні і рідинноструменеві.

Кристали кварцу володіють п'єзоелектричними властивостями, вони утворюють електричні зарядки на своїх поверхнях при механічних деформаціях. Після штучної поляризації вони являють собою генератори ультразвуку. Коли пласти п'єзоелектрика знаходяться у змінному електричному полі, вони випромінюють механічні коливання, амплітуда яких

залежить, як від підведеної напруги, так і від властивостей самої пластини. Якщо прикладена частота співпадає з частотою власних коливань пластини, то амплітуда коливань буде резонансною, а отже найбільшою. В такому випадку в енергію звукових хвиль переходить значна частина електричної енергії, резонансна частота пластини зворотно пропорційна її товщині. Пластина кварцу товщиною 1 см має частоту  $\sim 300$  кГц. Таким чином, для частот понад 100 кГц зазвичай використовують п'єзоелектричні трансдуцери. Ультразвук високої частоти розповсюджується прямолінійно. Це є перевагою під час лабораторних досліджень, оскільки дає можливість точно контролювати енергію ультразвуку. Отже, емульгування ультразвуком може бути проведене при певних умовах.

## **1.9 Емульгатори**

### **1.9.1 Вибір емульгатора**

Перші дослідники емульсій вважали, що поверхневий натяг являє собою важливий фактор, що визначає стабільність і розмір часток. Наводились доведення, що велике значення поверхневого натягу означає велику енергію, що витрачається на утворення нової поверхні, а отже не сприяє утворенню емульсії. Таким чином, намагалися зменшити поверхневий натяг будь-яким шляхом. На сьогодні встановлено, що робота, яка витрачається на утворення нової поверхні, представляє собою лише частину загальної енергії, що використовується в процесі приготування емульсії. Низьке значення поверхневого натягу сприяє диспергуванню, проте більш важливі саме ті зміни, які відбуваються в подвійних електричних шарах, що утворюються біля цих поверхонь. ПЕШ забезпечує стійкість емульсії, запобігаючи коагуляції часток, і показує, чи будуть утворюватися емульсії типу вода в олії, або олія у воді. Зміни поверхневого натягу – прояв тих змін, що відбуваються в природі власне поверхні.

Для промислового виробництва найбільш важливою характеристикою емульсії є її стійкість. Основні вимоги для емульгаторів, встановлені Коббом (1946):

- 1) зменшувати поверхневий натяг до 5 дин/см для емульсії, які готуються за рахунок перемішування і до 0,5 дин/см для емульсій, що не потребують інтенсивного перемішування;
- 2) достатньо швидко адсорбуватися на краплях, створюючи тонкий шар, який не змінюється при зіткненні крапель і запобігає коагуляції і коалесценції;
- 3) мати специфічну молекулярну структуру з полярними і неполярними групами;
- 4) добре розчинятися в дисперсійному середовищі;
- 5) надавати емульсії певний електрокінетичний потенціал;
- 6) впливати на в'язкість емульсії;
- 7) проявляти емульгуючі властивості навіть при малих кількостях;
- 8) бути дешевим;
- 9) бути безпечним і нетоксичним.

Емульгатор може бути охарактеризований спеціальним числом — гідрофільно-ліпофільним балансом. Якщо ГЛБ знаходиться в межах 3–6, утвориться емульсія В/О. Емульгатори з числом ГЛБ 8–13 утворюють емульсії О/В. Групові числа ГЛБ наведені в табл. 1.1. [8, 9]

Таблиця 1.1 — Групові числа ГЛБ ПАР.

Гідрофільна група	Групове число	Ліпофільна група	Групове число
$-O_4Na$	38,7		
$-COOK$	21,1		
$-COONa$	19,1	$-CH_2 -$	
Сульфонат	11,0	$-CH_3 -$	-0,475
	9,4	$-CH -$	
Складний ефір (сорбітанове кільце)			
Складний ефір (вільний)	2,4	$-(CH_2 - CH_2 - CH_2 - O-)$	-0,15
$NCOOH$	2,1		
$-OH$ (вільна)	1,9		
$-O -$	1,3		
$-OH$ (сорбітанове кільце)	0,5		
$-(CH_2 - CH_2 - O-)$	0,33		

Змінюючи природу емульгатора і його концентрацію, можна досягнути інверсії фаз емульсії.

Емульгатори впливають на процес розриву поверхні і утворення крапель, а отже і на поверхневий натяг і меншою мірою на в'язкість. При введенні невеликих кількостей емульгатора, поверхневий натяг швидко зменшується, а зі збільшенням його концентрації поверхневий натяг прямує до певного, малого за величиною, значення. Подальше збільшення концентрації емульгатора незначно впливатиме на поверхневий натяг. Отже, мале значення поверхневого натягу сприяє емульгуванню. Тому зі збільшенням концентрації емульгатора процес утворення емульсії відбувається легше, збільшується її стабільність, розмір крапель зменшується. При цьому збільшення концентрації емульгатора понад



оптимальну величину вже не покращує стабільність емульсії і не дає менших крапель.

У промисловості кількість емульгатора, що використовується, обмежується його вартістю. Для утворення емульсій використовують емульгатори в мінімальних кількостях, які дають прийнятні в практичному розумінні результати. Приблизна величина оптимальної концентрації емульгатора може бути розрахована, виходячи з площі поверхні емульсії, товщини ПЕШ і критичної концентрації молекул.

При виборі емульгаторів для фармацевтичних емульсій рекомендується враховувати механізм їх стабілізації, токсичність, величину рН, хімічну сумісність з лікарськими речовинами. Для приготування емульсій потрібно використовувати емульгатори, які не мають неприємного смаку, що обмежує використання більшості синтетичних ПАР. Для стабілізації емульсій емульгатори використовують в широкому діапазоні концентрацій (0,1-25%).[8, 10].

### **1.9.2 Способи введення емульгатора**

Найбільш поширеними є такі способи введення емульгатора в емульсію:

- 1) розчинення у воді
- 2) розчинення у олії
- 3) утворення мила
- 4) періодичне введення

Згідно першого способу емульгатор розчиняють у водній фазі, потім під час перемішування додають олію. Зазвичай таким шляхом отримують емульсію О/В. Якщо необхідно отримати емульсію В/О, то олію потрібно додавати до тих пір, поки не відбудеться інверсія фаз, або вводити водний розчин у олію.

Спосіб утворення мила придатний для емульсій, які стабілізуються милами, розрахований на протікання реакції утворення мила на поверхні поділу фаз. Одна зі складових частин емульгатора – жирна кислота – розчиняється в олії, інша складова – луг – у воді. Коли обидва фази поєднуються, на їх поверхні утворюється мило, створюючи стійку емульсію. В залежності від природи мила можуть бути отримані емульсії О/В або В/О.

За способом періодичного введення воду і олію додають до емульгатора періодично і малими порціями. Цей спосіб знайшов широке застосування в парфумерній і харчовій промисловості.

У випадках, де мила можуть бути в якості емульгаторів, спосіб утворення мила є оптимальним. Він дає стійкі емульсії з дуже малим розміром крапель.

### **1.9.3 Спосіб введення другої фази**

Способи поєднання рідин можуть бути різними. Можна вводити олію у воду, воду в олію або обидва компоненти одночасно – в установку, в якій буде відбуватися утворення емульсії. Очевидно, емульсія О/В буде отримуватися простіше при додаванні олії в масу води, а емульсія В/О – при додаванні води в олію. Це використовується в техніці, коли необхідна інверсія фаз. Інверсія фаз залежить від відносних кількостей обох фаз і природи емульгатора.

### **1.10 Класифікація ПАР**

Здатність ПАР при адсорбції на поверхні фаз радикально змінювати її властивості і таким чином впливати на важливі властивості дисперсних систем широко використовується в різноманітних галузях техніки і технологічних процесах. Вплив ПАР може відрізнитися в залежності від хімічної природи і будови граничних фаз і молекул ПАР, від умов їх застосування. За Ребіндером, можна виділити чотири групи ПАР згідно

фізико-хімічного механізму їх дії на поверхню поділу фаз і дисперсну систему в цілому.

I. Речовини, які проявляють поверхнево-активні властивості лише на межі поділу вода-повітря. До них належать середні та вищі гомологи аліфатичних спиртів та кислот, а також більш складні природні речовини. ПАР, що належать до цієї групи, являють собою помірної дії змочувачі – за рахунок зниження поверхневого натягу води на межі з повітрям; вони можуть використовуватися і як піноутворювачі, особливо для утворення малостійких пін. Деякі сильно поверхнево-активні речовини цієї групи (октиловий, ізоаміловий спирти) використовуються в якості піногасників.

II. Різноманітні за природою речовини, поверхнево-активні на різних межах поділу конденсованих фаз (тверде тіло – рідина, рідина – рідина). ПАР цієї групи в умовах сильного зниження поверхневого натягу на міжфазній межі сприяють розвитку нових поверхонь поділу фаз в процесах руйнування, диспергування і обробки твердих тіл та емульгування рідин. Такі ПАР можна об'єднати за їх дією загальною назвою – диспергатори. Речовини, що належать до цієї групи ПАР, дозволяють також керувати вибіркоvim змочуванням.

Для обох цих груп характерна відсутність у молекул ПАР здатності утворювати просторові гелеподібні структури, як в об'ємі фаз, так і на поверхні їх поділу.

III. ПАР, які володіють здатністю утворювати гелеподібні структури в об'ємі фаз. При цьому в деяких випадках ПАР, що відносяться до цієї групи, можуть і не мати високої поверхневої активності. Більшість ПАР, що належать до цієї групи, – високомолекулярні, природні або синтетичні речовини переважно складної будови, з великою кількістю полярних груп (білки, глюкозиди, похідні целюлози, полівініловий спирт та ін.). Такі речовини використовують, як високоефективні стабілізатори помірно концентрованих дисперсних систем різної природи: пін, емульсій, суспензій.

ПАР цієї групи можуть виступати пластифікаторами висококонцентрованих дисперсій (паст).

IV. ПАР, що володіють миючою дією. Вони об'єднують функції усіх трьох попередніх груп ПАР, окрім того, здатні до самочинного утворення в об'ємі рідкої фази термодинамічно стабільних колоїдних часток і до включення відмиваючих забруднень в ядро міцел. Сюди входять різноманітні аніонні, катіонні і неіоногенні ПАР. [11, 12, 13]

### **1.11 Колоїдна структура рослинних олій**

Рослинні масла можна віднести до олеодисперсних колоїдних систем, дисперсійним середовищем в яких є молекули триацилгліцеринів, а дисперсною фазою – полярні супутні речовини, в першу чергу, фосфоліпіди, які можна віднести до ПАР. Молекули фосфоліпідів складаються з двох частин різної полярності. Одна частина (голівка молекули) зазвичай складається з гліцерину, залишків карбоксильних груп жирних кислот, аміноспирту, фосфатної групи або інших полярних груп і є гідрофільною. Інша частина молекули (хвіст) є неполярною, гідрофобною і складається з аліфатичних ланцюгів жирних кислот або спирту сфінгозину.

Незважаючи на відмінності в складі, всі фосфоліпіди мають досить близькі за розмірами молекули (довжина близько 3 нм, діаметр — 0,5 нм) і подібні фізичні та хімічні властивості. Полярні угруповання фосфоліпідів можуть зв'язуватися з полярними групами молекул білків, вуглеводів, і з диполями води.

У рослинних оліях фосфоліпіди можуть бути присутніми як у вигляді окремих (індивідуальних) молекул, так і у вигляді груп асоційованих молекул – міцел. Міцели фосфоліпідів в жирі є колоїдними частинками, молекули в яких орієнтовані полярними голівками всередину частинки, утворюючи її ядро, а ліпофільні хвости фосфоліпідів спрямовані в бік жиру, створюючи зовнішній шар міцели. При цьому виникають складні взаємодії,

що визначаються, в основному, Вандерваальсовими силами, між триацилгліцеридами і міцелярними структурами фосфоліпідів.

При додаванні в жир води, її молекули проникають всередину міцел, гідратують полярні голівки молекул фосфоліпідів і тим самим руйнують міцели.

Гідратовані молекули фосфоліпідів переходять у водний розчин, асоціюються в нові міцели, в яких молекули фосфоліпідів орієнтовані гідрофільними голівками назовні, а ліпофільними хвостами всередину. Товщина двошарових міцел – близько 7 нм.

Здатність фосфоліпідів приєднувати воду і випадати з жирів в осад використовується для очищення жирів в процесі гідратації. Колоїдна структура олії і здатність молекул фосфоліпідів проявляти поверхнево-активні властивості можуть ускладнювати процеси переробки олій [14–16].

### **1.12 Властивості та хімічний склад олії розторопші**

Цілющі властивості розторопші плямистої відомі з давніх часів. У народній медицині використовується як сама рослина, так і отриманий з неї екстракт. Розторопша плямиста має низку захисних властивостей проти захворювань печінки. Використовується при цирозі печінки, алкогольному гепатиті, ожирінні і отруєннях печінки. Компоненти, що містяться в цій рослині безпосередньо впливають на вірус гепатиту С (HCV).

Насіння розторопші плямистої містить в складі 1,5-3% суми флавоноїдів, з яких отримують лікарський препарат силімарин. До складу силімарину входить три основних компоненти: флавоноїди силібін, силікрин і силідіанін. Силімарин має антиоксидантну дію і стимулює регенерацію печінки при цирозі. Насіння багаті жирними маслами (20-30%), білками (25-30%), також містять токоферол (0,038%) і стероли (0,63%) в тому числі холестерин, кампестерол, стигмастерин, ситостерин та інші.

Жирні масла є незамінним харчовим фактором, що забезпечує людину необхідними жирними кислотами (лінолева, ліноленова і арахінова), що не

синтезуються в організмі людини. Вони також використовуються у виробництві лікарських засобів. Значний інтерес представляє виявлення нових джерел жирних олій, які містять високу кількість  $\omega$ -2,  $\omega$ -3 жирних кислот.

В складі жирних кислот (від загальної суми) переважають лінолева (46,1%) і олеїнова (32,9%) кислоти. Решта припадає на частку пальмітинової (9,0%), стеаринової (5,6%), ліноленової (3,4%) і ерукової (2,1%) кислот. У загальній сумі жирних кислот в найменшій мірі представлені ейкозенова і міристинова кислоти (0,8 і 0,1% відповідно).

Поліненасичені жирні кислоти, які дуже корисні, сприяють зниженню загального рівня холестерину. Ненасичені жирні кислоти в олії розторопші становлять майже понад 70% від загальної кількості жирних кислот. У зв'язку з цим, олію розторопші можна рекомендувати для збалансування рівня холестерину в організмі. [17]

## Висновки до Розділу 1

- Не зважаючи на відносно широкий спектр методів отримання емульсії, процес отримання емульсії залишається емпіричним. Існуючі дослідження не надають однозначних методів розрахунку стійкості емульсії, не розглядають усі можливі варіанти підвищення стійкості емульсій, зокрема використання комплексів синтетичних неіоногенних ПАВ.
- Моделі емульгування, що використовувались у дослідженнях, є лінійними та спрощеними внаслідок математичних ускладнень, які виникають при розрахунках потоків рідин, що емульгуються.
- Питання підбору ефективного емульгатора потребує додаткового дослідження через наявність певних вимог до емульгаторів, які можуть бути використані у косметичних засобах або їх складових.
- Використовуючи екстракти рослинних олій як основу емульсії, потрібно звертати увагу на колоїдну структуру рослинних олій.
- Таким чином, аналіз літературних даних дозволив вибрати предмет дослідження, об'єкт досліджень і визначити завдання даної роботи, які сформульовані у вступі.

## РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Підготовка дисперсійного середовища емульсії

В якості дисперсійного середовища емульсії використано дистильовану воду та модельні розчини морської води.

Модельний розчин морської води готували розчиненням точної наважки солі (NaCl) у воді з концентраціями 8 г/л, 10 г/л, 12 г/л, 14 г/л.

### 2.2 Підготовка стабілізаторів емульсії

Розчин полівінілового спирту (рис 2.1) готували розчиненням точної наважки полівінілового спирту (ХЧ) у воді при нагріванні та перемішуванні.

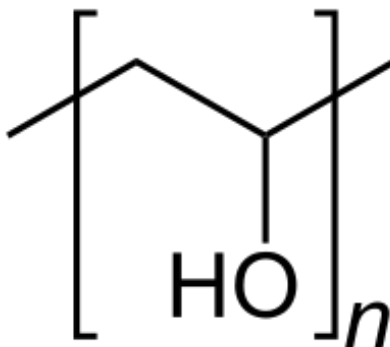


Рисунок 2.1 — Структурна формула полівінілового спирту

Розчин полівінілпіролідону (рис 2.2) готували розчиненням точної наважки полівінілпіролідону К30 (ХЧ, молекулярна маса ~30000 г/моль) у воді при нагріванні та перемішуванні.

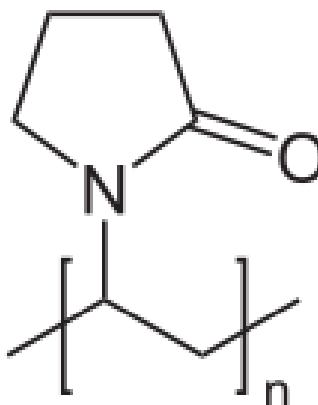


Рисунок 2.2 — Структурна формула полівінілпіролідону



## 2.3 Приготування робочих емульсій

Емульсію типу «олія у воді» готували змішуванням олії об'ємом 2 мл у воді об'ємом 20 мл. Об'єми олії та води відміряли мірним циліндром та мірними піпетками. Потім отриману суміш струшували протягом 30 секунд, перемішували мішалкою протягом 30 секунд у режимі 10000 об/хв або піддавали дії ультразвукового диспергатора УЗДН-А250 у наступному режимі: тривалість ультразвукового імпульсу 5 с, пауза між імпульсами 3 с, потужність 80%, час роботи 40 секунд, діаметр наконечника 6 мм, об'єм диспергування 22 мл. В залежності від етапу досліджень, перед додаванням олійної фази в об'єм води додавали стабілізатор полівініловий спирт об'ємом 0,1 мл.

В якості дисперсійного середовища використовували дистильовану воду або модельний розчин морської води.

В ході проведення експерименту емпіричним шляхом встановлювали оптимальне співвідношення дисперсної фази, дисперсійного середовища та стабілізатору (ПАР) у складі емульсії.

## 2.4 Дослідження стійкості емульсій

Стійкість емульсій визначали наступними методами:

- 1) після приготування емульсії, ємність з емульсією залишали на деякий час та фіксували настання повного розшарування емульсії, а саме чітко видимої межі поділу між водною та олійною фазами;
- 2) після приготування емульсії вимірювали коефіцієнт пропускання світла на фотоколориметрі КФК-2 протягом 30 с після отримання емульсії з інтервалом вимірювання 5 с, робочою довжиною кювети 50 мм та товщиною стінки кювети 3 мм.

## 2.5 Підбір світлофільтру для фотоколориметра

Щоб підібрати відповідну довжину хвилі, при якій коефіцієнт пропускання світла буде максимальним для утвореної емульсії, проводили ряд вимірювань при різній довжині хвилі.

Таблиця 2.1 — Залежність коефіцієнту пропускання від довжини хвилі світла.

$\lambda$ , нм	D
315	0.306
340	0.017
400	0.317
440	0.280
490	0.482
540	0.560
590	0.256
670	0.608
750	0.608
870	0.02

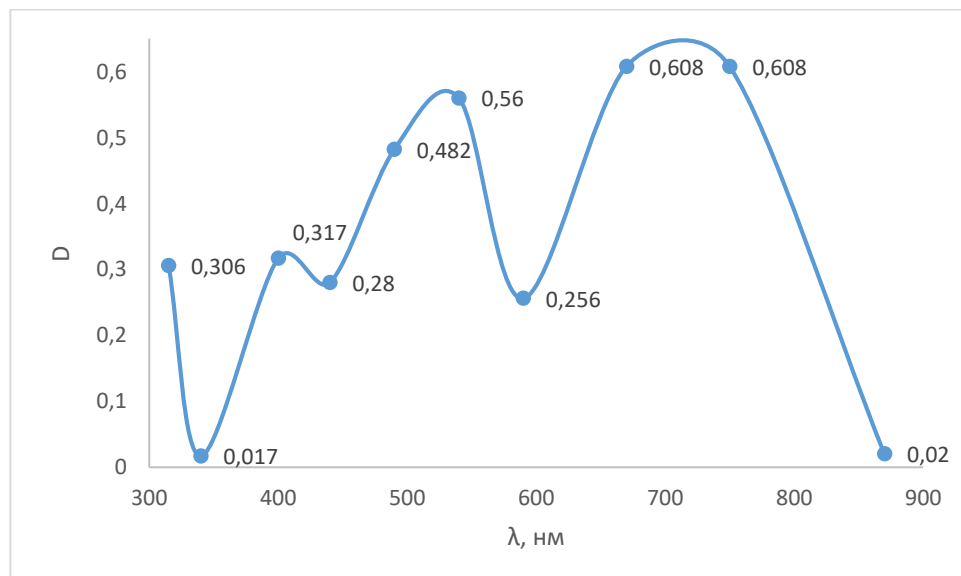


Рисунок 2.3 — Залежність коефіцієнту пропускання від довжини хвилі світла.

Обрали світлофільтр, що поглинає світло довжиною хвилі 650 нм, оскільки саме при цій довжині хвилі спостерігаємо максимум коефіцієнту пропускання.

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1 Методи отримання емульсій

Як було зазначено у літературному огляді, отримання емульсій методом струшування є ефективним в лабораторних умовах [1]. Тоді як метод перемішування є оптимальним для використання у промислових масштабах. Результати дослідження стійкості емульсій, які були отримані методами струшування, перемішування та ультразвукової диспергації, наведені у таблицях 3.1 — 3.8.

Таблиця 3.1 – Оцінка стійкості емульсії, отриманої методом струшування.

№ вимірювання	$\tau_{\text{розшарування, с}}$ (дисперсна фаза – інтегральний екстракт «Тиквовіт», що містить олію розторопші)	$\tau_{\text{розшарування, с}}$ (екстракт м'яти)
1	480	240
2	460	240
3	460	230
4	450	230

З результатів експерименту (табл. 3.1) слідує те, що емульсія на основі екстракту розторопші є стійкою відносно емульсії на основі екстракту м'яти.

Таблиця 3.2 – Оцінка стійкості емульсії, отриманої методом перемішування.

№ вимірювання	$\tau$ розшарування, с (дисперсна фаза — інтегральний екстракт «Тиквовіт», що містить олію розторопші)	$\tau$ розшарування, с (екстракт м'яти)
1	640	340
2	600	330
3	560	330
4	540	310

З результатів експериментів (табл. 3.1, 3.2) слідує те, що метод перемішування є більш ефективним методом отримання емульсій, ніж метод струшування.

Таблиця 3.3 – Зміна коефіцієнту пропускання світла через емульсію, отриману методом перемішування. Виміри проводились з інтервалом 5 с протягом 30 с після закінчення перемішування.

№ вимірювання	Коефіцієнт пропускання світла, (дисперсна фаза — інтегральний екстракт «Тиквовіт», що містить олію розторопші)	Коефіцієнт пропускання світла, (екстракт м'яти)
1	0.405	1.093
2	0.5	1.244
3	0.560	2.120
4	0.678	2.727
5	0.710	3.569

З результатів експерименту (табл. 3.3) слідує те, що емульсія на основі екстракту розторопші є стійкою відносно емульсії на основі екстракту м'яти.

Таблиця 3.4 – Оцінка стійкості емульсії, отриманої методом струшування, з використанням стабілізатора – полівінілового спирту.

№ вимірювання	τ, с (дисперсна фаза – інтегральний екстракт «Тиквовіт», що містить олію розторопші)	τ, с (екстракт м'яти)
1	560	300
2	550	280
3	540	275
4	525	270

З результатів експерименту (табл. 3.4) слідує те, що використання полівінілового спирту в якості стабілізатора збільшує стійкість емульсії.

Таблиця 3.5 – Оцінка стійкості емульсії, отриманої методом перемішування, з використанням стабілізатора – полівінілового спирту.

№ вимірювання	τ, с (дисперсна фаза – інтегральний екстракт «Тиквовіт», що містить олію розторопші)	τ, с (екстракт м'яти)
1	680	375
2	675	370
3	675	360
4	670	360

З результатів експерименту (табл. 3.5) слідує те, що використання полівінілового спирту в якості стабілізатора збільшує стійкість емульсії.

Таблиця 3.6 – Зміна коефіцієнту пропускання світла через емульсію, отриману методом перемішування, з використанням стабілізатора – полівінілового спирту. Виміри проводились з інтервалом 5 с протягом 30 с після закінчення перемішування.

№ вимірювання	Коефіцієнт пропускання світла, (дисперсна фаза — інтегральний екстракт «Тиквовіт», що містить олію розторопші)	Коефіцієнт пропускання світла, (екстракт м'яти)
1	0.213	0.178
2	0.225	0.185
3	0.232	0.187
4	0.239	0.184
5	0.245	0.188

З результатів експериментів (табл. 3.3, 3.6) слідує те, що використання полівінілового спирту в якості стабілізатора збільшує стійкість емульсії.

Таблиця 3.7 – Оцінка стійкості емульсії, отриманої методом струшування, в ролі дисперсійного середовища – модельний розчин морської води (12%).

№ вимірювання	τ, с (дисперсна фаза — інтегральний екстракт «Тиквовіт», що містить олію розторопші)	τ, с (екстракт м'яти)
1	510	280
2	500	275
3	490	260
4	495	250

З результатів експериментів (табл. 3.1, 3.7) слідує те, що стійкість емульсії, одержаної з використанням модельного розчину морської води у якості дисперсійного середовища, є вищою, ніж стійкість емульсії, одержаної з використанням дистильованої води у якості дисперсійного середовища.

Таблиця 3.8 – Оцінка стійкості емульсії, отриманої методом перемішування, в ролі дисперсійного середовища – модельний розчин морської води (12%).

№ вимірювання	τ, с (дисперсна фаза — інтегральний екстракт «Тиквовіт», що містить олію розторопші)	τ, с (екстракт м'яти)
1	685	370
2	680	360
3	660	360
4	640	350



З результатів експериментів (табл. 3.2, 3.8) слідує те, що стійкість емульсії, одержаної з використанням модельного розчину морської води у якості дисперсійного середовища, є вищою, ніж стійкість емульсії, одержаної з використанням дистильованої води у якості дисперсійного середовища.

Таблиця 3.9 — Оцінка стійкості емульсії, отриманої методом перемішування, в ролі дисперсійного середовища – модельний розчин морської води (12%), з використанням стабілізатора – полівінілового спирту.

№ вимірювання	$\tau$ , с (дисперсна фаза – інтегральний екстракт «Тиквовіт», що містить олію розторопші)	$\tau$ , с (екстракт м'яти)
1	680	385
2	670	370
3	670	370
4	660	360

З результатів експериментів (табл. 3.4, 3.9) слідує те, що використання полівінілового спирту в якості стабілізатора збільшує стійкість емульсії.

Емульсії, які були отримані методом ультразвукового диспергування, залишалися стійкими понад 12 годин.

Не зважаючи на те, що стійкість емульсій, отриманих методом ультразвукового диспергування, є вищою, даний метод не може бути масштабований на промислове виробництво через відносно високу вартість обладнання і складність її експлуатації.

### 3.2 Оптимальне співвідношення компонентів емульсії

В результаті проведення експериментів встановлено оптимальне співвідношення дисперсійного середовища, дисперсної фази і ПАР в складі

емульсії. Дисперсійне середовище має становити до 90%, дисперсна фаза (олійний компонент) — до 10%, кількість ПАР — до 5% маси дисперсної фази. Для доведення вищенаведеного твердження були приготовані емульсії наступного складу (табл. 3.10) та досліджена їх стійкість методами, наведеними у п. 3.1 розділу.

Таблиця 3.10 — Співвідношення компонентів — складових емульсії.

Дисперсійне середовище, % об.	Дисперсійна фаза, % об.	Стабілізатор, % мас. від дисперсійної фази
95	5	2,5
90	10	5
85	15	7,5
80	20	10
75	25	12,5

### 3.3 Підбір стабілізатора для емульсії

У якості стабілізаторів було вибрано два полімери: полівініловий спирт та полівінілпіролідон.

Полівініловий спирт — штучний, водорозчинний, термопластичний полімер; належить до неіоногенних ПАР. Синтез ПВС здійснюється реакцією лужного/кислотного гідролізу або алкоголізу складних полівінілових ефірів. Основною сировиною для отримання ПВС служить полівинилацетат (ПВА).

Полівініловий спирт є чудовим емульгуючим, адгезійним і плівкоутворювальним полімером. Він має високу міцність на розрив і гнучкість. Ці властивості залежать від вологості повітря, так як полімер адсорбує вологу. Вода діє на полімер як пластифікатор. При великій вологості у ПВС зменшується міцність на розрив, але збільшується еластичність. Температура плавлення — 230 °С (в середовищі азоту), а температура склування — 85 °С для повністю гідролізованої форми. На

повітрі при 220 °С ПВС необоротньо розкладається з виділенням CO, CO<sub>2</sub>, оцтової кислоти і зміною кольору полімеру з білого на темно-коричневий. Температура склування і температура плавлення залежать від молекулярної маси полімеру [19].

Полівінілпіролідон — синтетичний полімер, який складається переважно з лінійних 1-вініл-2-піролідонових груп, з середньою молекулярною масою від 10 000 до 700 000. Належить до катіонних ПАР. У промисловості ПВП одержують із N-вінілпіролідону шляхом приєднання ацетилену до  $\alpha$ -піролідону при 150–170 °С за наявності лужного каталізатора, радикальною полімеризацією мономерів (найчастіше — у розчині води або спирту), періодичним або безперервним методами. [19, 20]

Отримують порошок (із вмістом води 2–4%), рідше — 20–30% водний розчин з наступним видаленням остаточного мономера розчинниками (діетиловим етером, метилхлоридом та ін.). Молекулярна маса визначається умовами полімеризації. Умовно розрізняють низькомолекулярний (фракції з мол. м. до 45 000), середньомолекулярний (фракції з молекулярною масою до 100 000) і високомолекулярний (фракції з молекулярною масою до 150 000).

ПВП, що використовується для виробництва ліків, отримують за спеціальною технологією. В полімері не повинні бути фракції з молекулярною масою >70 000 (вони дуже повільно екскретуються з організму), а для в/в введення важливим показником є молекулярно-масовий розподіл, тому водні розчини П. піддають ультрафільтрації крізь гідрофільні мембрани.

ПВП — безбарвний або жовтувато-білий аморфний порошок або пластівці зі специфічним запахом. ПВП з коефіцієнтом в'язкості 30 або нижче отримують у вигляді гранул шляхом розпилення в сушарці. ПВП з  $K \geq 90$  отримують у вальцовій сушарці у вигляді пластівців. Зазвичай має такі властивості: рН 3,0–7,0 (5% водного розчину), насипна щільність — 0,29–0,39 г/см<sup>3</sup>, коефіцієнт щільності — 0,39–0,54 г/см<sup>3</sup>, справжня щільність — 1,180 г/см<sup>3</sup>, сипкість 16–20 г/с. Гігроскопічний (поглинає до 15% води),

термопластичний, легкорозчинний у воді, метанолі, етанолі, гліцерині, етиленгліколі, ПЕГ, фенолі, хлороформі; малорозчинний в ацетоні; практично нерозчинний в етері, аліфатичних і ароматичних вуглеводнях, чотирехлористому вуглеводі. ПВП, що містить вологу, не розчиняється в розчинниках, які не змішуються з водою. При 140–160 °С ПВП розм'якшується (плавиться), при тривалому нагріванні втрачає здатність до розчинення у воді, при 230–270 °С розкладається. [21]

Оптимальним стабілізатором для емульсії є полівініловий спирт Він є відносно дешевим у порівнянні з аналогами (полівінілпіролідон) та достатньо дослідженим, активно використовується у харчовій промисловості. Дані експериментів (табл. 3.1 — 3.9) свідчать про збільшення стійкості емульсії з використанням полівінілового спирту під час її отримання.

На рис. 3.1 наведено порівняння ефективності полівінілового спирту і полівінілпіролідону.

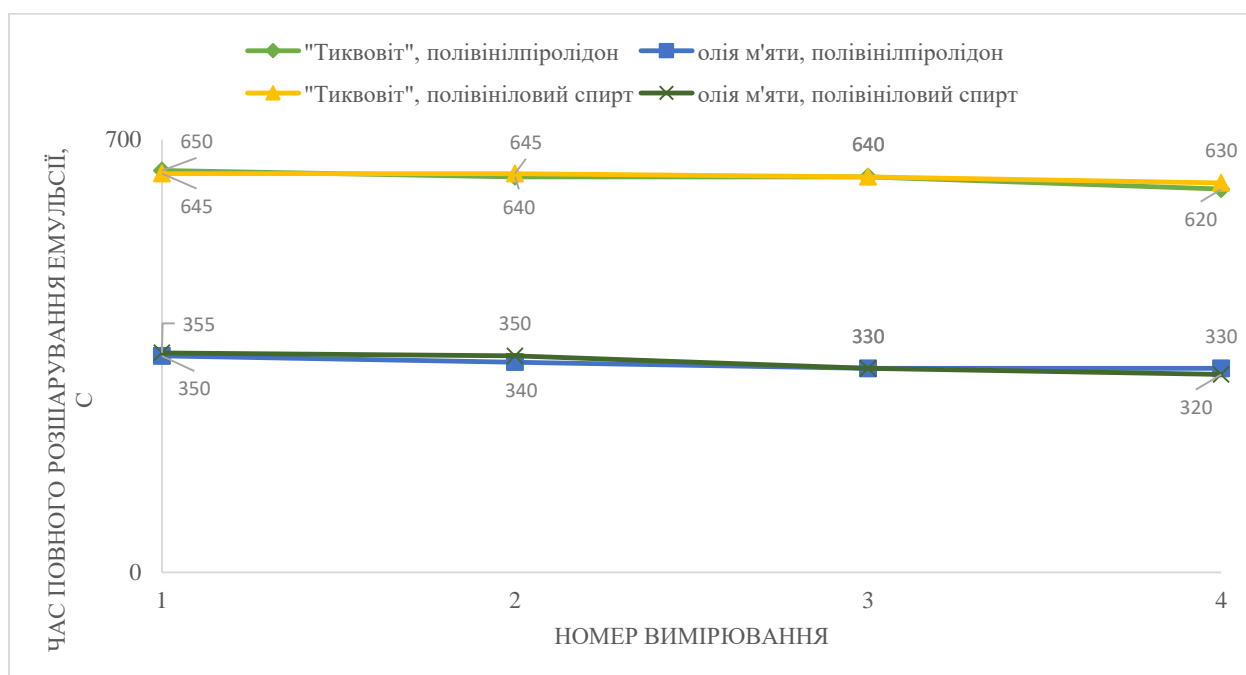


Рисунок 3.1 – Порівняння ефективності полівінілпіролідону і полівінілового спирту.

Таким чином, результати досліджень довели ефективність використання стабілізатора, а саме полівінілового спирту для отримання

стійких емульсій; довели, що оптимальне співвідношення складових емульсії має бути наступним: дисперсійне середовище має становити до 90%, дисперсна фаза (олійний компонент) — до 10%, кількість ПАР — до 5% маси дисперсної фази.

## РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Таблиця 4.1 — Резюме стартап-проекту

Показник	Характеристика
1	2
1. Сутність ідеї	розробка технології отримання стійких емульсій на основі екстрактів лікарських рослин для подальшого їх використання в якості складових косметичних засобів
2. Наявність аналогів або прототипів ідеї	наявні аналоги
3. Основна потреба, яку задовольнить реалізований стартап	потреба у забезпеченні складових для виготовлення косметичних засобів
4. Ступінь розробленості технології реалізації	високий
5. Класифікація продукту стартапу за міжнародною класифікацією товарів	030239
6. КВЕД, до якого може належати дане виробництво.	Секція С, клас 20.42
7. Очікувана потужність стартапу	150 т/рік
8. За масштабом виробництва	середнє підприємство
9. За рівнем спеціалізації	вузькопрофільне
10. За ресурсами, що споживатимуться	матеріаломістке

Продовж. табл. 4.1

1	2
11. За чисельністю персоналу	середнє
12. Органи управління при реалізації стартапу	національні
13. Бажане географічне розташування - потужностей стартапу; - офісу стартапу; - збутової мережі; - постачальників комплектуючих.	Центральна Україна; Київ; Центральна і Західна Україна; Центральна Україна
14. Місце ідеї у ланцюжку цінностей інноваційного процесу	розробка
15. Гранична корисність ідеї стартапу	Якісні косметичні засоби за нижчою вартістю
16. Бізнес-модель стартапу	B2B
17. Конкуренти вітчизняні (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться, основні конкурентні переваги, фактори успіху)	Відсутні
18. Конкуренти іноземні (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться, основні конкурентні переваги, фактори успіху)	Готовий косметичний засіб, в складі якого присутній екстракт розторопші; 317 грн; на етапі розповсюдження; універсальність, натуральний склад; успішний завдяки рекламі.

Продовж. табл. 4.1

1	2
19.Ключові фактори успіху стартапу	Впровадження технології отримання емульсій на українському і європейському ринках.
20.Споживачі (основні на етапі впровадження, групи, орієнтовна чисельність)	Хімічні підприємства косметичної галузі, 5 підприємств
21.Планова кількість продукту розробки для першого етапу реалізації	1 тонна
22.Мінімальна кількість виробництва за методом точки беззбитковості	150 тон/рік
23.Споживачі на етапі розвитку	Хімічні підприємства косметичної галузі
24.Споживачі на етапі зрілості	Хімічні підприємства косметичної галузі
25.Конкурентна ціна на продукт стартапу	11000 грн/т
26.Плановий рівень рентабельності при реалізації продукту	30,21%
27.Капіталовкладення в проект	505596,67 грн
28.Період повернення капіталовкладень у проект	199
29.Джерела фінансування	зовнішні, іноземні



Продовж. табл. 4.1

1	2
30.Основні компоненти продукції стартапу (їх доля у готовому товарі, ступінь готовності компонентів у наявному виробництві)	Олія розторопші (до 10%), полівініловий спирт (до 1%), вода (до 89%)
31.Потенційні постачальники складових компонентів розробки (виділити вітчизняних і закордонних, плановий обсяг замовлень, наявна потужність постачальника)	ТОВ "ТК ЕКООИЛ", до 15 т/міс олії розторопші; Shanghai Kaidu Industrial Development Co., Ltd., до 0.5 т/міс полівінілового спирту, УкрХімПласт, 3000 бочок/рік
32.Планове місце реалізації результату розробки (місце, планова доля реалізації продукту через це місце)	реалізація напряму на зацікавлені хімічні підприємства косметичної галузі
33.Наявність посередників при реалізації (так, ні, орієнтовні посередники, форми оплати їх діяльності)	ні
34.Методи просування результатів розробки на ринок	особистий продаж

Бізнес-ідея стартапу полягає у розробці економічно вигідної технології отримання стійких емульсій на основі екстрактів лікарських рослин для подальшого їх використання в якості складових косметичних засобів.

Мета стартапу полягає у виведенні на ринок нової або удосконаленої технології отримання емульсій.

Об'єкт дослідження – технологія отримання емульсій.

Таблиця 4.2 — Аналіз загроз і можливостей зовнішнього середовища

	Загрози	Можливості
<b>Економіка</b>		
1. Створено лояльні умови для розвитку малого бізнесу	Виникнення підприємств-конкурентів	Впровадження дочірніх підприємств меншого масштабу
<b>Політика</b>		
1. Зміна влади	Непередбачувана політична ситуація	Лобіювання інтересів підприємств хімічної галузі
<b>Науково-технічний прогрес</b>		
1. Розробка або вдосконалення існуючих технологій	Старіння технологій, що використовуються на даний момент	Підтримка технологій, що використовуються, у актуальному стані

Таблиця 4.3 — Аналіз факторів зовнішнього оперативного середовища

<b>Фактор</b>	<b>Переваги</b>	<b>Недоліки</b>
Конкуренти	Можливість співпраці і обміну досвідом	Зменшення попиту у випадку кращої якості конкурентного товару
Постачальники	Зниження вартості сировини за умови кількох постачальників і конкуренції між ними	Збої постачання сировини

Таблиця 4.4 — Аналіз зацікавлених сторін

<b>Зацікавлена сторона</b>	<b>Вплив її на реалізацію проекту</b>	<b>Цікавість її до проекту</b>	<b>Загальний коефіцієнт впливу на проект</b>
1	2	3	4
<b>Суб'єкти зовнішнього оперативного середовища</b>			
Виробник	Високий	Висока	1
Постачальник	Низький	Низька	0.1
Споживачі	Низький	Висока	0.4
Посередники	-	-	0
<b>Зовнішнє середовище</b>			
Політичні структури	Низький	Низький	0.1

Продовж. табл. 4.4

1	2	3	4
Власники географічних об'єктів	Низький	Низький	0.1
Суб'єкти демографії	-	-	0
Суб'єкти культурного середовища	-	-	0
Суб'єкти НТП	Середній	Низька	0.4

Таблиця 4.5 — Переваги і недоліки внутрішнього середовища

	<b>Переваги</b>	<b>Недоліки</b>
Організаційна структура	Мала кількість працівників	Високе навантаження на працівників у періоди активного виробництва
	Відносно мала тонажність виробництва	Менший розмір прибутку
	Вузькоспеціалізована галузь промисловості	Конкуренція на ринку

Таблиця 4.6 — Приклад оцінки характеристики за методом Шонфільда

Характеристика	Коефіцієнт вагомості характеристики	Оцінка вагомості характеристик	
		Наша продукція	Фармацевтична компанія «Здоров'я»
Ціна	0,5	4	5
Пакування	0,2	5	4
Дотримання вимог нормативної документації	0,5	5	5

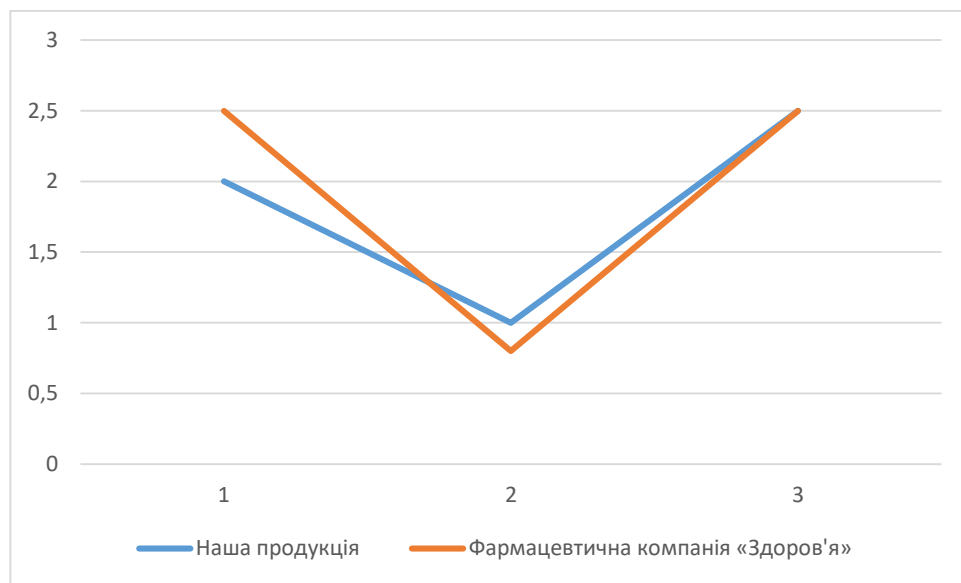


Рисунок 4.1 — Порівняння конкурентних переваг підприємства з конкурентами

Таблиця 4.7 — Варіанти розвитку ідеї стартапу

Варіант	Стислий опис можливого розвитку
1. Зниження собівартості	Пошук альтернативних постачальників сировини, економічно вигідних технологій виробництва
2. Покращення якості продукції	Залучення досвідчених працівників галузі

Таблиця 4.8 — Класифікація потенційних споживачів

Критерій	Значення
1	2
<b>1. Юридична особа</b>	
1. Форма власності (державне, приватне, колективне, комунальне, змішане,...)	Приватна власність
2. КВЕД	Секція С, Група 20.4
3. За потужністю (малі, середні, великі)	Середні, великі
4. За масштабом виробництва (одиничні, серійні, масові)	Серійні, масові
5. За рівнем спеціалізації (вузькопрофільні, багатoproфільні, комбіновані)	Багатoproфільні

Продовж. табл. 4.8

1	2
6. За чисельністю персоналу (малі, середні, великі)	Середні
7. За сферою діяльності (виробничі, комерційні, фінансові, посередницькі, страхові...)	Виробниці
8. За приналежністю капіталу і контролю (національні, іноземні, спільні багатонаціональні,...)	Національні, іноземні
9. За географічним розташуванням	Східна і Центральна Європа
10. За віддаленістю органів управління (національні, міжнародні, офшорні, транснаціональні,...)	Національні
11. За характером господарської діяльності (промислові, сільськогосподарські, транспортні, будівельні, фінансово-кредитні, страхові, туристичні, консалтингові,...),	Промислові

Продовж. табл. 4.8

1	2
12.За долею іноземного капіталу (з іноземними інвестиціями (більше 10%), іноземне підприємство (100%)).	0...49 %
13.За формуванням статутного капіталу (унітарні, корпоративні)	Корпоративні
14.За організацією виробничих процесів (періодичні, безперервні)	Безперервні
15.За роботою протягом року (сезонні, позасезонні)	Позасезонні
16.За географічним розташуванням на території України	Центральна та Південна Україна
17.За наявністю вільних ОБЗ (коштів)	Відсутні
18.За динамікою розвитку регіону розташування юридичної особи:	Київ



Таблиця 4.9 — Основні групи потенційних споживачів і їх потреби

Категорія (група) клієнтів	Потреби, які він задовольняє за допомогою Вашого продукту
1. Хімічні виробництва косметичної галузі	Потреба у емульсіях, які можна використати як складові косметичних засобів
<b>Відкоригована ідея стартап проекту</b>	
Виготовлення емульсій на основі екстрактів лікарських рослин з подальшим їх використанням в якості складових косметичних засобів	

Таблиця 4.10 — Паспорт потенційного клієнта

Характеристика	Значення
1	2
Організаційно-правова форма	приватна власність
Класифікація <ul style="list-style-type: none"> <li>— за потужністю</li> <li>— за чисельністю персоналу</li> <li>— за обсягом виробництва</li> <li>— за сезонністю виробництва</li> <li>— інше</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 300 т/рік</li> <li>- 100-200 осіб</li> <li>- всесезонне виробництво</li> </ul>
Розташування <ul style="list-style-type: none"> <li>— місто</li> <li>— смт</li> <li>— село</li> <li>— інше</li> </ul>	Київська область

Продовж. табл. 4.10

1	2
Призначення придбаної розробки <ul style="list-style-type: none"> <li>– за призначенням</li> <li>– інше</li> </ul>	Використання як складника готової продукції
Кваліфікація персоналу підприємства <ul style="list-style-type: none"> <li>– робочі</li> <li>– службовці</li> <li>– керівники</li> </ul>	Робочі, інженери-технологи, керівники
Потенційний обсяг споживання розробки <ul style="list-style-type: none"> <li>– одиниця</li> <li>– 1-5</li> <li>– інше</li> </ul>	150 т/рік
Хто приймає рішення про придбання розробки (узагальнена характеристика працівника)	Головний технолог підприємства або відділу підприємства, якщо підприємство широкоспеціалізоване

Таблиця 4.11 — Запланований обсяг реалізації стартап-продукту (товарів, послуг)

	Серпень, 2020	Вересень, 2020	Жовтень, 2020	Листопад, 2020	Грудень, 2020	Січень, 2021	Лютий, 2021	Березень, 2021	Квітень, 2020	Травень, 2020	Червень, 2020	Липень, 2020
Запланований обсяг, т.	15	15	14	13	10	10	10	10	10	10	15	15

## Розрахунок ціни інноваційної пропозиції на ринку

Таблиця 4.12 — Проектні ціни продажу ідеї, технології, методики, програми

Найменування товару	Планові обсяги продажу		Аналоги, прототипи	
	Кількість, т.	Ціна, грн/т.	Кількість, т.	Ціна, грн/т.
Емульсія на основі екстракту розторопші	150	10000	15	9000

Ціноутворення - це процес обґрунтування, затвердження та перегляду цін і тарифів, визначення їх рівня, співвідношення та структури.

Порівнюємо ціну за різними методами ціноутворення на ринку.

Методи ціноутворення, що ґрунтуються на врахуванні витрат називаються витратними.

1. Витратний метод. Ціна розраховується, виходячи із суми постійних і змінних витрат на одиницю продукції й запланованого прибутку з урахуванням нижнього порогу ціни.

$$Ц = С + П,$$

де Ц — ціна одиниці товару, грн; С — собівартість одиниці товару, грн; П — величина прибутку, яку бажає отримати підприємство від реалізації одиниці товару, грн.

Для початку проведемо калькуляцію усіх витрат для запуску

проекту.

Таблиця 4.13 — Оборотні засоби

Статті витрат	Витрати на місячний випуск продукції
ФОП	84180
Електроенергія	1666,67
Олія розторопші	12500
ПАР, стабілізатори	1000
Тара	6250
Всього	105596.67

Обладнання:

1. Змішувач промисловий 250000 грн
2. Пакувальний апарат 50000 грн
3. Система моніторингу 100000 грн

Особовий склад:

1. Хімік-технолог 15000 грн/міс
2. Начальник цеху 18000 грн/міс
3. Апаратники (2 ос) 12000 грн/міс
4. Слюсар 12000 грн/міс

$$\text{ФОП} = (15000 + 24000 + 18000) \times 1,22 = 84180 \text{ грн/міс}$$

$$C = A + \text{ОбЗ} = 105596.67 \text{ грн/міс}$$

Випуск продукції:

$$B = 12.5 \text{ т/міс}$$

$$C_{\text{пит}} = C/B = 105596.67/12.5 = 8447.73 \text{ грн/т}$$

Ринкова ціна може складати 11000 грн/т

Питомий прибуток:

$$\Pi_{\text{пит}} = 11000 - 8447.73 = 2552.27 \text{ грн}$$

Рентабельність:

$$P = \Pi/C \times 100\% = 30.21\%$$

Термін повернення капіталовкладень:

$$T_{\text{пов.}} = 1/E = K/\Pi = 505596,6667/2552.27 = 199 \text{ місяців}$$

Прогнозована ціна продукту становитиме 11000 грн/т

## 2. Метод точки беззбитковості

Згідно методу підприємець встановлює ціну, яка забезпечить бажаний прибуток.

$$\Pi = \Pi - C.$$

Випуск продукції на рік становить 150 тон.

$$\Pi = \Pi_{\text{од}} \times V - (A + \text{ПВ} + \text{ЗВ}),$$

де ПВ – постійні витрати, ЗВ — змінні витрати

$$\text{ПВ} = 105596.67 \text{ грн/міс}$$

$$\text{ЗВ} = 10000 \text{ грн/міс}$$

$$\Pi_{\text{од}} \times 12.5 - (11000 + 105596.67 + 10000) = 0$$

$$\Pi_{\text{од}} = 10127.7 \text{ грн}$$

Таблиця 4.14 — Калькуляція собівартості стартап-продукту

№ п/п	Етап розробки / елемент собівартості	Кількісний показник	Вартісний показник
1	Етап розробки ідеї - сировина, матеріали - амортизація - заробітна плата і нарахування (ЄСВ) - електроенергія, паливо	-	-
2	Етап ринкового дослідження - сировина, матеріали - амортизація - заробітна плата і нарахування (ЄСВ) - електроенергія, паливо	-	-
3	Етап впровадження (дослідного випробування) - сировина, матеріали - амортизація - заробітна плата і нарахування (ЄСВ) - електроенергія, паливо	13 т/міс олії розторопші 0.3 т/міс полівінілового спирту 1333 кВт×міс	10833 грн/міс  900 грн/міс  210 грн/міс  84180 грн/міс (ЗП)
4	Етап виходу на планову потужність - сировина, матеріали - амортизація - заробітна плата і нарахування (ЄСВ) - електроенергія, паливо	15 т/міс олії розторопші 0.5 т/міс полівінілового спирту 1666 кВт×міс	12500 грн/міс  1000 грн/міс  263.3 грн/міс  84180 грн/міс (ЗП)

Таблиця 4.15 — Забезпеченість проекту основними засобами

Місце ОЗ у технологічному процесі	Назва ОЗ	Повна початкова вартість ОЗ	Плановий період експлуатації ОЗ	Очікуваний постачальник	Джерело фінансування придбання
Виробничий цикл	Промисловий змішувач	250000	5 років	ПП «Технолог»	Власний кошт
Виробничий цикл	Пакувальний апарат	50000	5 років	ПП «Технолог»	Власний кошт
Виробничий цикл	Система моніторингу обладнання	100000	3 роки	ПП «Технолог»	Власний кошт

Таблиця 4.16 — Забезпеченість проекту оборотними фондами

Група ОбФ	Назва	Норма витрат на рік	Ціна, грн/од	Очікуваний постачальник	Джерело фінансування
Сировина і матеріали	Олія розторопші	15 т	10000 грн/т	ТОВ "ТК ЕКООИЛ"	Власний кошт
	Полівініловий спирт	0.5 т	24000 грн/т	Shanghai Kaidu Industrial Development Co., Ltd.	Власний кошт
	Тара для пакування	3000 шт	25 грн	УкрХімПласт	Власний кошт
Паливо, електроенергія	Електроенергія	10 кВт×го д	12,61 грн/МВт×го д	ПрАТ «Київобленерго»	Власний кошт

Таблиця 4.18 — Забезпеченість проекту трудовими ресурсами

Категорія кадрів	Назва посади	Чисельність за списком на посаді	Кваліфікаційні вимоги	Плановий рівень заробітної плати	Джерело фінансування ФОП
Робочі основні	Апаратник	2	Від 2 років досвіду на аналогічній посаді	12000	Власний кошт
Робочі допоміжні	Слюсар	1	Від 2 років досвіду на аналогічній посаді	12000	Власний кошт
Спеціалісти	Інженер-технолог	1	Вища хімічна освіта, від 2 років досвіду на аналогічній посаді	15000	Власний кошт
Керівники	Начальник цеху	1	Вища хімічна освіта, від 3 років досвіду на аналогічній посаді	18000	Власний кошт

Річний обсяг реалізації ідеї становить 150 тон.

Середньорічна чисельність персоналу за списком на процес розробки:

$$Ч_{сп} = Ч_{яв} \times K_{пер} = 4 \times 1 = 4$$

Середньорічна чисельність персоналу за списком на реалізацію проекту:

$$Ч_{сп} = Ч_{яв} \times K_{пер} = 4 \times 1 = 4$$

Основного персоналу: 3 осіб



Допоміжного персоналу: 1 особа

Інженерно-технічного персоналу: 1 особа

Середньорічний виробіток робітника на процес розробки:

$$\text{ПП}_{\text{с.р.}} = V/\text{Ч}_{\text{сп}} = 15/4 = 3.75 \text{ тон}$$

Середньорічний виробіток робітника на реалізацію проекту:

$$\text{ПП}_{\text{с.р.}} = V/\text{Ч}_{\text{сп}} = 150/4 = 37.5 \text{ тон}$$

Капіталовкладення у проект:

$$K = 505596.67 \text{ грн}$$

Повна собівартість на процес розробки і на реалізацію проекту:

$$C = A + O\&K = 8447.73 \text{ грн}$$

Відносний прибуток на процес розробки і на реалізацію проекту:

$$P = \Pi - C = 11000 - 8447.73 = 2552.27 \text{ грн}$$

Рентабельність:

$$P = \Pi/C \times 100\% = 30.21\%$$

Термін повернення капіталовкладень:

$$T_{\text{пов.}} = 1/E = K/\Pi = 505596.67/2552.27 = 199 \text{ місяців}$$

Фондовіддача виробничих фондів:

$$\Phi B = (\Pi \times V)/O\Phi = 11000 \times 150/505596.67 = 3.26 \text{ грн/грн}$$

Фондоємкість:

$$\Phi \text{€} = 1/\Phi B = 1/3.26 = 0.31 \text{ грн/грн}$$

Продуктивність праці

$$\text{ПП} = V/(\text{Ч}_{\text{сп}} \times T) = 150/(3 \times 1) = 50 \text{ т/ос}$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \Pi / K = 2552.27 / 505596.67 = 0.00505$$

Таблиця 4.19 — Карта бізнес-процесів виконання стартап-проекту

Стадія реалізації стартап-проекту	Бізнес-процеси	Характеристики		
		Задіяні ресурси	Орієнтовна тривалість процесу	Верхня межа фінансових витрат
Розробка ідеї стартапу	Розробка ідеї, аналіз ринку, підбір кадрів, розробка бізнес- плану	Людські, матеріальні, інформаційні	30 днів	10000 грн
Реалізація ідеї	Заклучення фінансових договорів з постачальниками і потенційними покупцями	Людські, фінансові	15 днів	10000 грн
Впровадження у виробництво	Виготовлення продукції та контроль якості	Людські, фінансові	365 днів	97580 грн
Масова реалізація	-	Людські, фінансові	-	10000 грн

Таблиця 4.20 — Системний аналіз бізнес-процесів стартапу

Функції	Елементи			
	Інженер-технолог	Начальник цеху	Апаратчик	Слюсар
Розробка ідеї	Розробка технології	Підбір кадрів, аналіз ринку, розробка бізнес-плану		
Реалізація ідеї		Заклучення договорів		
Впровадження у виробництво	Контроль за перебігом виробництва, контроль якості продукції	Контроль за перебігом виробництва, співпраця з покупцями	Безпосередня участь у процесі виробництва	Контроль справності техніки цеху

Таблиця 4.21 — Ризики інноваційної розробки

Назва процесу / стадії реалізації стартап проекту	Бізнес-процеси	Зовнішні ризики	Внутрішні ризики
Розробка ідеї стартапу	Розробка ідеї	Податковий ризик	Фінансовий ризик
	Аналіз ринку	Ринковий ризик	Інформаційний ризик
Реалізація ідеї	Заключення договорів	Політико- законодавчий ризик	Юридичний ризик
Впровадження у виробництво	Виготовлення продукції	Науково-технічний ризик	Управлінський ризик
	Контроль якості	Науково-технічний ризик	Ризик персоналу
Масова реалізація	Продаж продукції	Макроекономічний ризик	Транспортний ризик

Таблиця 4.22 — Ризики інноваційної розробки та ймовірність їх настання

Види ризиків	Назва ризику	Ймовірність настання	Вплив на очікуваний результат
Зовнішні ризики			
Непередбачений ризик	Природно-екологічний ризик	Низька	Середній
Непередбачений ризик	Науково-технічний ризик	Низька	Низький
Передбачені ризики	Податковий ризик	Висока	Високий
Внутрішні ризики			
Фінансовий ризик	Ризик банкрутства	Низька	Високий
Фінансовий ризик	Ризик зниження фінансових показників	Середня	Високий
Операційний ризик	Ризик персоналу	Висока	Високий

Таблиця 4.23 — Матриця оцінки ризиків

За впливом ризиків на очікуваний результат		За ймовірністю настання ризиків		
Критерій ризику	Числове значення	Низька ймовірність	Середня ймовірність	Висока ймовірність
		1	2	3
Високий рівень впливу	3	Ризик банкрутства	Ризик зниження фінансових показників	Податковий ризик, Ризик персоналу
Середній рівень впливу	2	Природно-екологічний ризик		
Низький рівень впливу	2	Науково-технічний ризик		

Таблиця 4.24 — План заходів з управління ризиками

Назва ризику	Назва методу управління ризиком	Відповідальні виконавці	Період виконання / застосування методу	Очікувані результати від впровадження методів управління
Ризик зниження фінансових показників	Попередження ризику	Начальник цеху	Період активного виробництва	Збільшення або стабілізація фінансових показників, зменшення розмірів збитків
Податковий ризик	Прийняття ризику	Начальник цеху	Протягом всього періоду існування підприємства	Створення резервів у грошовій формі
Ризик персоналу	Попередження ризику	Начальник цеху	Протягом всього періоду існування підприємства	Планування діяльності підприємства на випадок виникнення ризику

#### **Висновки до Розділу 4**

Розроблено стартап-проект із відкриття підприємства з виробництва емульсії типу «олія-вода» на основі екстракту розторопші. Шляхом аналізу поточного ринку було встановлено його актуальність та унікальність. Групами користувачів, на які розрахований даний стартап є хімічні підприємства косметичної галузі.

Початковою метою є виготовлення емульсії об'ємом 150 тон на рік.

Прибуток становитиме 382840 грн/рік при капіталовкладенні 505596.67 грн. Рентабельність становитиме 30.21%.



## ВИСНОВКИ

1. Досліджена стійкість емульсій, отриманих методами струшування, перемішування та ультразвукової диспергації.
2. Вивчено вплив стабілізаторів на стійкість отриманих емульсій, зокрема полівінілового спирту та полівінілпіролідону.
3. На основі проведених досліджень обрано найефективніший стабілізатор для отримання емульсії типу «олія у воді» на основі екстракту розторопші.
4. Розроблено технологію отримання емульсії типу «олія у воді» на основі екстракту розторопші. Показано, що найбільш ефективний метод отримання емульсії в лабораторних умовах є метод ультразвукового диспергування. Оптимальний метод для отримання емульсії в промислових умовах є метод перемішування з використанням стабізатора — полівінілового спирту та наступних співвідношень складових емульсії: дисперсійне — 90% об'єму, дисперсна фаза (олійний компонент) — 10% об'єму, кількість ПАР — 5% маси дисперсної фази.
5. Розроблено стартап-проект з виготовлення емульсії типу «олія у воді» на основі екстракту розторопші з наступними економічними показниками: потужність 150 т/рік, рентабельність 30,21%, капіталовкладення 505596,67 грн.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Эмульсии / Перевод Н. В. Абрамова, Е. Малахова, Л. И. Дорофеева; Под ред. А. А. Абрамзона. — Химия, 1972. — 447 с. — 4600 экз.
2. Основы физической и коллоидной химии / С.А. Балезин, Б.В. Ерофеев, Н.И. Подобаев. — М.: Просвещение, 1975. — 398 с.
3. Курс коллоидной химии / Воюцкий С. С.. — 2 изд.. — М., 1975. — С. 367—81.
4. Эмульсия // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907
5. Равич-Щербо М.И., Анненков Г.А. Физическая и коллоидная химия. 2-е изд., испр. — М.: Высшая школа, 1968. — 240 с.: ил.
6. Болдырев А.И. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1983. — 408с.
7. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1990. — 488 с.: ил. — 5-06-001018-Х.
8. Фармацевтические и медико-биологические аспекты лекарств. В двух томах / Перцев И.М., Зупанец И.А., Шевченко Л.Д. и др. / Под ред. И.М.Перцева, И.А.Зупанца. — Х.: Изд-во НФАУ, 1999. — Т. 2. — 442 с.
9. Надлежащая производственная практика лекарственных средств / Под ред. Н.А.Ляпунова, В.А.Загория, В.П.Георгиевского и др. — К.: Морион, 1999. — 896 с.
10. Технология и стандартизация лекарств. Сборник научных трудов / Под ред. академика И.А. Украины В.П.Георгиевского, проф. Ф.А.Конева. — Т.2. — Харьков: ИГ «РИРЕГ». — 2000. — 784 с.
11. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. 3-е изд., перераб. и доп. М. Высшая школа. 2004. 445 с.
12. Тихонов О.І., Ярних Т.Г. Аптечна технологія ліків / Під ред О.І.Тихонова. — Х.: РВП “Оригінал”, 1995. — 600 с.

- 13.Тихонов А.И., Ярных Т.Г. Технология лекарств: Учеб. для фармац. вузов и фак.: Пер. с укр. / Под ред. А.И.Тихонова. – Х.: Изд-во НФАУ; Золотые страницы, 2002. – 704 с.: 139 ил.
- 14.Нагорнов С.А., Дворецкий Д.С. , Романцова С.В. , Таров В.П. Техника и технологии производства и переработки растительных масел: Учебное пособие. - Тамбов: Издательство ТГТУ, 2010. - 96 с.
- 15.Допоміжні речовини та їх застосування в технології лікарських форм. Довідковий посібник / Ф.Жогло, В.Возняк, В.Попович, Я.Богдан. – Львів: Вид-во “Центр Європи”, 1996. – 96 с.
- 16.Pharmazeutische Technologie fur Studium und Beruf / Rudolf Voigt. Unter Mitarb. von Manfred Bornschein. – 8., durchges Aufl. – Berlin; Wiesbaden: Ullstein Mosby, 1995. – 794 S. European Pharmacopoeia. – Third edition. – Consil of Europe: Strasbourg. 2001. – 1080 p.
- 17.ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЖИРНОГО МАСЛА ИЗ СЕМЯН SILYBUM MARIANUM (L.) GAERTN. Ш.А. Гасимова, Э.Н. Новрузов, Н.П. Мехтиева. Институт Ботаники НАН Азербайджана. 2017
- 18.Бойко Виктор Викторович. Синтез поливинилового спирта в водно-спиртовых средах : Дис. канд. хим. наук : 02.00.06 : Москва, 2004 112 с. РГБ ОД, 61:04-2/321
- 19.Жогло Ф., Возняк В., Попович В. та ін. Допоміжні речовини та їх застосування в технології лікарських форм. — Львів, 1996
- 20.Полимеры в фармации / Под ред. А.И. Тенцовой и М.Т. Алюшина. — М., 1985
- 21.Энциклопедия полимеров. В 2 т. / Гл. ред. В.А. Каргин. — М., 1972. Т.